В ПОМОЩЬ РАДИО-ЛЮБИТЕЛЮ

ВЫПУСК

89

Сборник издается с 1957 года
4 раза в год

Москва
Издательство ДОСААФ СССР
1985

ител ь А. В. Дьяков

енты: С. Л. Матлин, Б. Г. Успенский, А. Д. Шуб

В помощь радиолюбителю: Сборник. Вып. 89 / Сост. А. В. Дьяков.— М.: ДОСААФ, 1985.— 80 с., ил.
35 к.

Приведены описания конструкций, принципиальные схемы и методика расчета их некоторых узлов. Учтены интересы начинающих и квалифицированных радиолюбителей.

В $\frac{2402020000-021}{072(02)-85}$ 27—85

ББК 32.884.19
6Ф2.9

УЧЕБНЫМ ОРГАНИЗАЦИЯМ ДОСААФ И РАДИОКРУЖКАМ

ЧЕТЫРЕХКАНАЛЬНАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ РАДИОУПРАВЛЕНИЯ МОДЕЛЯМИ

А. Берестов, М. Васильченко, С. Чухаленко

Неослабевающий интерес широкого круга людей к радиоуправлению моделями и техническими игрушками стимулирует постоянное развитие аппаратуры для этих целей, причем как любительской, так и выпускаемой промышленностью.

Известно, что системы радиоуправления моделями делятся на две большие группы — дискретного и пропорционального управления исполнительными механизмами. Радиолюбителям, интересующимся радиоуправлением, наверняка знакомы промышленные образцы дискретной аппаратуры «Сигнал», «Пилот», «Старт», «РУМ-2», а также аналогичные им примеры радиолюбительских разработок. Однако эта аппаратура не гарантирует надежной связи с моделями, особенно авиационными, так как приемник, выполненный по схеме сверхрегенератора, имеет полосу пропускания до нескольких сотен килогерц, что приводит к частому проникновению помех в командные каналы. Кроме того, несмотря на некоторые преимущества приемника, построенного по схеме сверхрегенератора — обычно на первый план выдвигают простоту изготовления,— добиться его устойчивой работы в течение длительного времени не всегда удается. Недостатки передатчиков перечисленных образцов аппаратуры связаны, главным образом, с их недостаточной мощностью.

Аппаратура, описание которой приводится ниже, в своей основе выполнена по принципам построения дискретных систем, однако позволяет вносить в процесс управления пропорциональные элементы.

К достоинствам, реализуемым в этой аппаратуре (разработана в Центральном спортивно-техническом клубе авиационного моделизма), можно отнести схему простого и вместе с тем достаточно мощного передатчика. Приемник выполнен по супергетеродинной схеме. Использование микросхемы в тракте усиления промежуточной частоты и пьезофильтров вместо фильтров с катушками позволило получить приемник с довольно узкой полосой пропускания. Постройка нескольких образцов показала хорошую повторяемость схемы, а длительная эксплуатация на самых разнообразных моделях — надежную и безотказную работу даже в условиях интенсивных помех, где приемник, выполненный по сверхрегенеративной схеме, вообще не обеспечивает связь.

Техническая характеристика аппаратуры

Рабочая частота, МГц	27,12±0,6 %
Мощность передатчика, мВт	600
Модулирующие частоты передатчика, Гц	800, 1100, 1700, 2350, 3000
Количество командных каналов . . .	4
Чувствительность приемника, мкВ	5

Схема **передающего устройства** изображена на рис. 1, она включает схемы шифратора и передатчика.

Основной узел шифратора — автоколебательный симметричный мультивибратор на транзисторах *VT6* и *VT7*. Частота вырабатываемых им прямоугольных импульсов определяется значением постоянной времени (*R10*+*R**) *C18*, где *R** — один из резисторов *R13*—*R17*. Если ни одна из кнопок управления не нажата, то подключен резистор *R13*, что приводит к модуляции высокочастотного излучения частотой 3000 Гц. Модуляция излучения при отсутствии сигналов, несущих информацию исполнительным механизмам, позволяет уменьшить вероятность проникновения помех в тракт приемника. При нажатии одной из четырех кнопок управления *SB1*—*SB4* частота колебаний изменяется вследствие изменения сопротивления в частотозадающей *RC*-цепочке. Таким образом формируются четыре команды.

Напряжение питания шифратора стабилизировано с помощью стабилизатора, выполненного на стабилитроне *VD3* и транзисторе *VT5*. В цепи стабилизатора включен светодиод *VD1*, предупреждающий о недопустимом снижении напряжения источника питания.

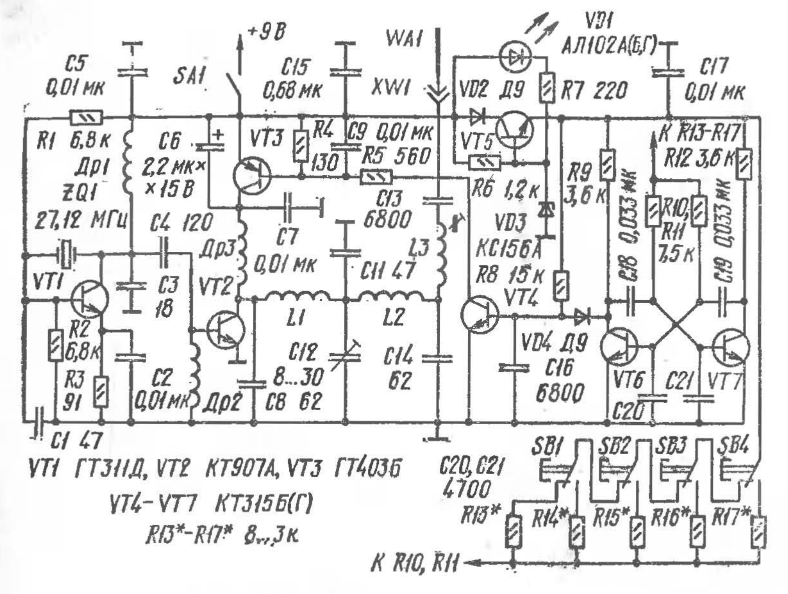


Рис. 1. Схема передающего устройства

В передатчике сигнал, сформированный шифратором, через диод *VD4* и буферный транзистор *VT4* подается на базу модулирующего транзистора *VT3*. Модуляция осуществляется путем включения и выключения питания выходного транзистора *VT2* (метод ключевания).

Задающий генератор передатчика выполнен на транзисторе *VT1* с кварцевой стабилизацией частоты. Следует заметить, что этот каскад без изменения номиналов элементов схемы и при сохранении остальных параметров позволяет менять в небольших пределах частоту излучения простой перестановкой кварцевых резонаторов.

Напряжение высокой частоты через конденсатор связи *C4* поступает на вход усилителя мощности, выполненного на транзисторе *VT2*. В коллекторной цепи транзистора *VT2* включено согласующее устройство — двойной П-образный фильтр *C8 L1*, *C11—C12*, *L2 C14*, предназначенный для обеспечения оптимальной связи усилителя мощности с антенной, а также для фильтрации гармоник несущей частоты. Индуктивность удлини-

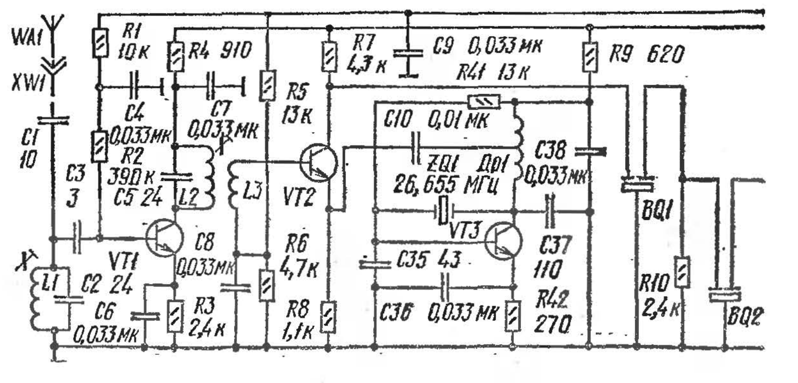


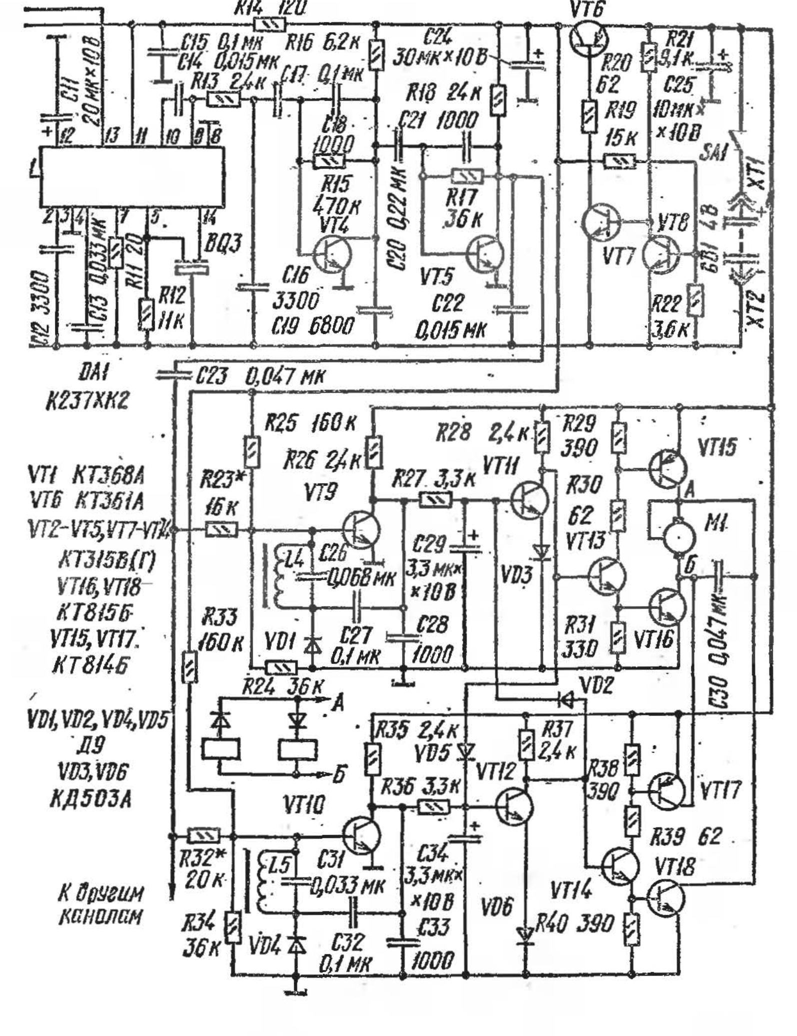
Рис. 2. Схема приемного устройства

тельной катушки *L3* служит для компенсации емкостной составляющей штыревой антенны, поскольку длина штыря обычно бывает равной 1,2...1,5 м, что меньше четверти длины волны излучения (2,5 м).

Схема приемного устройства приведена на рис. 2. В его состав входит приемник и дешифратор командных частот. На рисунке, в части, относящейся к дешифратору, приведены два канальных электронных блока, выделяющие командные частоты. Остальные два идентичны приведенным.

Приемник выполнен, как уже говорилось, по супергетеродинной схеме. Входной контур *L1C2* настроен на несущую частоту передатчика, связь с антенной емкостная. Через конденсатор *C3* высокочастотный сигнал поступает на вход резонансного усилителя, выполненного на транзисторе *VT1*. Такое решение приводит к увеличению общей чувствительности и избирательности приемника по зеркальному каналу. Транзистор *VT1* включен по схеме с общим эмиттером. Резистор *R3* в цепи эмиттера создает отрицательную обратную связь и способствует устойчивой работе каскада и его термостабилизации. Через резисторы *R1* и *R2* на базу транзистора *VT1* подается начальное смещение и поступает управляющий сигнал АРУ.

Нагрузкой УВЧ является резонансный контур *L2C5*, также настроенный на несущую частоту. Принятый и усиленный сигнал через катушку связи *L3* подается на базу транзистора *VT2*, на котором выполнен смеситель-



ный каскад. Сигнал гетеродина поступает в цепь эмиттера смесителя через конденсатор *С10*.

Гетеродин выполнен на транзисторе *VT3*. Для стабильности его работы сигнал снимается с половины витков дросселя *Др1*. Заметим, что необходимо, чтобы частота кварцевого резонатора, используемого в гетеродине приемника, отличалась от частоты кварцевого

резонатора в задающем генераторе передатчика ровно на 465 кГц, так как нагрузкой смесителя являются пьезокерамические фильтры *BQ1*, *BQ2* (ФП1П-0,15, ФП1П-0,17, ФП1П-0,26), амплитудно-частотную характеристику которых изменить нельзя. Следует, однако, заметить, что измерения ее для достаточно большого числа фильтров показали, что она имеет двугорбый вид, причем высокочастотный горб имеет большую амплитуду и приходится на частоту 468...470 кГц. Поэтому возможно использование кварцевых резонаторов в передатчике и приемнике с разницей в частотах от 465 до 470 кГц.

Усилитель промежуточной частоты приемника выполнен на микросхеме *DA1* (К237ХК2), которая представляет собой многокаскадный апериодический усилитель с детектором и цепями АРУ. Ее включение осуществляется аналогично рекомендуемому в справочной литературе. Отличительной особенностью является включение еще одного избирательного фильтра *BQ3* между каскадами усилителя микросхемы вместо обычно используемой емкостной связи. Это способствует сужению полосы пропускания приемника и повышению его избирательности. Кроме того, использование пьезофильтров в усилителе промежуточной частоты значительно упрощает настройку приемника.

Сигнал промежуточной частоты поступает на вывод *1* микросхемы, а продетектированный сигнал снимается с ее выхода — вывод *9*. С вывода *13* снимается напряжение АРУ. Сигнал низкой частоты с выхода микросхемы поступает на вход двухкаскадного усилителя низкой частоты, выполненного на транзисторах *VT4*, *VT5* по схеме с общим эмиттером.

Для повышения устойчивости работы приемника напряжение питания приемника стабилизировано с помощью стабилизатора, выполненного на транзисторах *VT6*, *VT7*, *VT8*. Кроме того, введены цепи развязки *R14C15*, *R9C38*.

В дешифраторе напряжение низкой частоты с коллектора транзистора *VT5* через конденсатор *C23* и резисторы *R23*, *R32* поступает на базы транзисторов *VT9*, *VT10*. В цепях баз этих транзисторов включены параллельные *LC*-контуры, каждый из которых настроен на одну из частот шифратора передающего устройства. Если частота напряжения, поступающего на базы тран-

зисторов, не совпадает с резонансной частотой контура, *L4C26* например, то его сопротивление мало, транзистор *VT9* закрыт, *VT11* открыт; *VT13*, *VT15*, *VT16* закрыты, и напряжение питания не поступает на электродвигатель исполнительного устройства. При совпадении одной из командных частот с резонансной частотой контура, его сопротивление возрастает, что приводит к его открыванию и, соответственно, к изменению состояния всех следующих за ним транзисторов, в результате вал двигателя начинает вращаться, а, например, руль модели отклоняется. Если частота управляющего сигнала совпадает с резонансной частотой контура *L5C31*, то вал двигателя начнет вращаться в обратную сторону.

Диоды *VD2*, *VD5* — защитные, предотвращающие одновременное открывание транзисторов *VT15*, *VT16*, *VT17*, *VT18* мостовой схемы, управляющей работой электродвигателя. Вместо электродвигателя можно использовать силовые реле (их включение показано на схеме).

Детали и конструкция. Данные всех элементов представлены на схемах. Транзисторы КТ315 можно заменить на любые маломощные *n—p—n* транзисторы со статическим коэффициентом передачи тока не менее 150...200. Выходной транзистор передатчика может быть заменен на КТ904, КТ606. Что касается модулирующего транзистора *VT3*, то здесь лучше использовать германиевые, поскольку у них напряжение насыщения меньше (можно МП25, МП26). В приемнике также возможна замена транзисторов КТ315 на аналогичные. Что касается транзисторов *VT15*, *VT16*, *VT17*, *VT18* в схеме управления двигателем, то следует отметить, что пары КТ814, КТ815 или КТ816, КТ817 наиболее удачны, поскольку, обладая небольшими габаритами, они допускают ток коллектора в насыщенном состоянии до 1 А (КТ816, КТ817 — до 3 А), что позволяет управлять практически всеми доступными любителям малогабаритными электродвигателями. Часто рекомендуемая пара транзисторов МП38, МП42 очень чувствительна к перегрузкам и требует применения электродвигателей с малым током потребления (не более 150 мА). Все резисторы МЛТ-0,125, конденсаторы лучше всего брать керамические, например серии КМ (КМ-4, 5, 6). Следует обратить внимание на стабильность конденсаторов *C18*, *C19* в шифраторе, *C2*, *C5* в приемнике и *C26*, *C31* в избирательных фильтрах дешифратора.

2 Зак. 10.9

В передатчике катушки индуктивности *L1*, *L2*, *L3* и высокочастотные дроссели *Др1*, *Др2* и *Др3* следует изготовить самостоятельно. Они должны иметь следующие конструктивные данные:

L1—15 витков провода ПЭЛ-0,8; намотка бескаркасная, длина катушки 10 мм, диаметр — 7 мм;

L2 — 20 витков провода ПЭЛ-0,8; намотка бескаркасная, длина катушки 12 мм, диаметр — 7 мм;

L3 — 18 витков провода ПЭЛ-0,1; намотка рядовая на гладком пластмассовом каркасе диаметром 5 мм, внутрь каркаса ввертывается высокочастотный ферритовый подстрочный сердечник диаметром 4 мм.

Применение сердечников в виде цилиндрического стержня из феррита (для высоких частот) или карбонильного железа увеличивает индуктивность катушки в 1,5...2 раза либо позволяет получить требуемую индуктивность с меньшим на 30...40 % числом витков; при этом соответственно уменьшается сопротивление потерь в проводе катушки и возрастает добротность катушки.

Изменение индуктивности до ± (10...15) % регулируется продольным перемещением сердечника; для этого сердечники изготовляют с резьбой. Радиолюбители чаще всего применяют сердечники и каркасы катушек готовые, от бытовой радиоприемной аппаратуры.

Дроссели *Др1*, *Др2*, *Др3* наматываются проводом ПЭЛ-0,16 на резисторах МЛТ 0,25 (более 20 кОм) и содержат: *Др1* — 33 витка, *Др2* и *Др3* — 28 витков.

Монтажу приемника предшествует изготовление высокочастотных катушек индуктивности *L1*, *L2*, *L3* и низкочастотных катушек индуктивности *L4*, *L5* и двух их аналогов *L6*, *L7* в другом дешифраторе команд (на схеме не показан). Изготавливается также высокочастотный дроссель *Др1*. Эти элементы должны иметь следующие конструктивные данные:

L1 — 15 витков провода ПЭЛ-0,25; намотка на гладком пластмассовом каркасе диаметром 5 мм, внутрь каркаса ввертывается высокочастотный ферритовый подстрочный сердечник диаметром 4 мм;

L2 и *L3* — наматываются на аналогичном каркасе; катушка *L2* содержит 15 витков провода ПЭЛ-0,25, а *L3* — 2 витка провода ПЭЛ-0,25, намотанных поверх обмотки *L2*, покрытой слоем конденсаторной или другой тонкой прочной бумаги;

дроссель *Др1* наматывается проводом ПЭЛ-0,12 и содержит 24 витка с отводом от 12-го витка.

Особое мастерство требуется при намотке катушек *L4—L7* на тороидальных низкочастотных ферритовых сердечниках (ферритовых кольцах) марки НН или НМ с начальной магнитной проницаемостью 1000 или 2000 (Н1000Н, Н2000НН, Н1000НМ, Н2000НМ). Для каждой катушки применяется сердечник из двух склеенных колец с типоразмерами 10×6×3. Но можно применить кольцо и больших размеров. Число витков в этом случае следует определить опытным путем (методом проб) или рассчитать (расчет дан в журнале «Радио», 1980, № 7).

Печатные платы при конструировании аппаратуры не разрабатывались, при желании их можно разработать самостоятельно.

Ориентировочные размеры плат печатного монтажа, исходя из габаритов деталей:

передатчика — 110×66 мм;

приемника — 2 платы 65×44 мм.

Фактическая емкость конденсаторов и магнитные проницаемости ферритов обычно несколько отличаются от их обозначенных номинальных значений и поэтому частоты настройки резонансных контуров будут тоже несколько отличаться от заданных. Точная настройка резонансной цепи на заданную частоту достигается подбором емкости конденсатора контура или числа витков катушки.

В табл. 1 приведен вариант данных низкочастотных контуров.

Наладка приемника сводится к настройке резонансных контуров *L1C2* и *L2C5*. Подключив антенну — провод длиной 1 м — и вращая поочередно сердечники этих контуров, добиваются устойчивого изображения модулирующего сигнала на выходе микросхемы. На коллекторе транзистора *VT5* наблюдают при этом сигнал той же частоты, но с амплитудой, почти равной напряжению питания.

Перед включением передатчика и приемника следует тщательно проверить монтаж. В качестве источников питания лучше всего использовать малогабаритные аккумуляторы емкостью 0,5—1,0 А·час (например, Д-0,55, ЦНК-0,45, ЦНК-0,9 и др.). Аккумуляторы обладают по сравнению с гальваническими элементами

Таблица 1

Частота настройки контура, Гц	800	1100	1700	2350
Емкость конденсатора контура, мкФ	0,1	0,068	0,047	0,033
Индуктивность катушки контура, мГн	380	310	186	138
Провод	ПЭШО 0,07...0,08			
Число витков	233	206	125	92
Магнитная проницаемость сердечника	1000			

значительно меньшим внутренним сопротивлением, что способствует более надежной работе устройства. Кроме того, уже в течение сезона эксплуатации аппаратуры (как правило, лета) эксплуатационные расходы, связанные с покупкой аккумуляторов, оказываются ниже затрат на покупку гальванических батареек.

Шифратор при правильном монтаже и исправных элементах требует только подгонки частот под рекомендуемые в таблице. Осуществляется это подбором сопротивлений резисторов *R13—R17* и контролем частоты по осциллографу, а еще лучше — с помощью частотомера. Обратим внимание на то, что использовать подстроечные резисторы не рекомендуется, они слишком ненадежны в полевых условиях — лучше подобрать соответствующий постоянный и впаять.

Задающий генератор при исправных деталях также сразу начинает работать, и наладка высокочастотного каскада сводится к согласованию антенны и выходного каскада. Для этого можно контролировать ток, поступающий в антенну из антенного гнезда через термомиллиамперметр (высокочастотный, например, тепловой системы) и добиться максимума этого тока. Второй вариант связан с использованием простейшего индикатора напряженности поля на основе детекторного приемника.

Сопротивления резисторов *R13—R17* (8...33 кОм) определяются опытным путем, настраивая мультивибра-

тор (*VT6—VT7*) на генерацию колебаний 3000, 1700, 2350, 800, 1100 Гц. При отжатых кнопках *SB1—SB4* генерируется колебание с частотой 3000 Гц, а остальные частоты генерируются поочередно, при нажатии, соответственно, одной из кнопок *SB1—SB4*. Определяется нужный номинал резисторов *R13—R17* временным подключением переменного резистора любого типа с номиналом 33...47 кОм.

Настройка дешифраторов заключается в подборе резонансной частоты контуров. Вначале рекомендуется проделать предварительную подгонку частоты избирательных контуров дешифраторов с помощью звукового генератора. После предварительной подгонки приступают к окончательной настройке, подавая сигнал от шифратора передатчика. Затем проверяют работу устройства в целом. Следует иметь в виду, что приемник и передатчик должны быть достаточно удалены друг от друга. Окончательная проверка осуществляется в полевых условиях, дальность связи на земле должна составить 500...600 м.

ПРИСТАВКИ К ЭЛЕКТРОМУЗЫКАЛЬНЫМ ИНСТРУМЕНТАМ

С. Годин, А. Казаков

Электрогитара является самым распространенным и любимым инструментом среди поклонников эстрадной музыки у нас в стране и за рубежом. Применение различных электронных дополнений — гитарных приставок, значительно расширяет спектр и тембровую окраску инструмента, позволяет реализовать многие звуковые эффекты: дистошн, вибрато, тремоло, вау-вау, файзер и т. д.

Приставка, о которой пойдет речь вначале, предназначена для использования с гитарой соло. Она реализует часто используемый ВИА рабочий эффект дистошн.

Принципиальная схема приставки приведена на рис. 1, ее основу составляет усилитель-ограничитель на операционном усилителе (ОУ) *DA1*. Ограничение по отрицательной и положительной полуволне наступает в результате использования нелинейной отрицательной обратной связи (ООС). ОУ *DA1* включен по схеме неинвертирующего усилителя с коэффициентом усиления,

равным отношению *R5/R4*. В цепи ООС включены параллельно резистору *R5* два диода *VD1*, *VD2*. При напряжении на выходе ОУ, превышающем 0,6 В, происходит открывание диодов и шунтирование резистора *R5*, в результате коэффициент усиления уменьшается и наступает ограничение сигнала по амплитуде. Ограничение сигнала обогащает его спектр гармониками основного тона, а также продуктами взаимодействия основных тонов при игре аккордами. Причем спектральный состав сигнала на выходе ОУ постоянно меняется из-за уменьшения угла отсечки тока через диоды *VD1*, *VD2* при затухании колебаний струн.

Резисторы *R1*, *R3* образуют точку искусственной земли, необходимую для нормальной работы ОУ от однополярного источника питания. Напряжение с выхода звукоснимателя электрогитары подается на вход ОУ через конденсатор *C1*, образующий совместно с резистором *R2* фильтр верхних частот (ФВЧ). ФВЧ ослабляет сигналы с частотой ниже 100 Гц, уменьшая тем самым помехи от сети переменного тока.

Каскад на транзисторе *VT1* образует фильтр нижних частот (ФНЧ) с полосой пропускания 0,1...3 кГц. Данный фильтр при работе с гитарой «Этерна де люкс» дает приятное для слуха соотношение гармоник и основного тона. При использовании гитар других типов может понадобиться корректировка полосы пропускания в сторону уменьшения или увеличения верхней границы пропускаемых частот. Для этого достаточно изменить номиналы конденсаторов *C5* и *C6* в соответствии с форму-

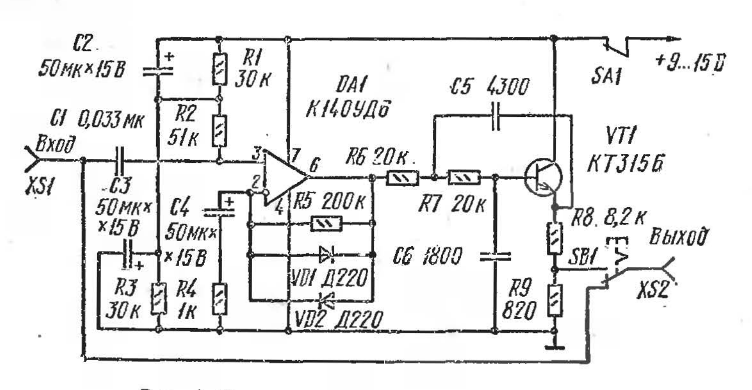


Рис. 1. Схема приставки для электрогитары

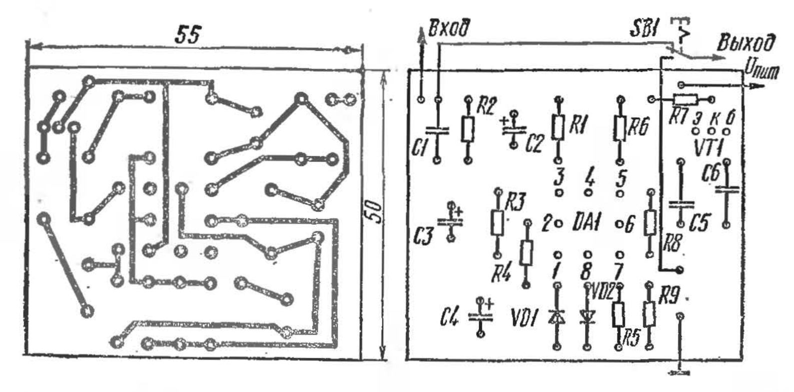


Рис. 2. Монтаж приставки на плате

лами $C5=13/F$; $C6=5{,}5/F$. Если верхнюю частоту среза F выразить в килогерцах, то номиналы конденсаторов получатся в нанофарадах (1 нФ = 1000 пФ).

Выходное напряжение, снимаемое с делителя *R8R9*, должно быть равно напряжению, присутствующему на звукоснимателе гитары. Переключатель *SB1* служит для отключения и включения приставки в процессе исполнения. Выходное сопротивление приставки 800 Ом.

Конструкция и детали. Приставка монтируется в стальной коробке. Переключатель *SB1* устанавливается в середине коробки и срабатывает от нажатия ногой. Это может быть переключатель П2К с ограничительным обрамлением либо тумблер с длинной ручкой. Выключатель *SA2* устанавливается сбоку коробки.

Детали приставки монтируются на печатной плате (рис. 2). Без каких-либо изменений в схеме и на печатной плате кроме К140УД6 можно использовать ОУ К140УД7, К140УД11, К544УД1. При использовании ОУ К140УД8 необходимо учесть иную цоколевку.

Диоды *VD1*, *VD2* кремниевые высокочастотные (Д220, КД503, КД512, КД521). Транзистор *VT1* любой маломощный *n—p—n* проводимости с $h_{21э}>100$. Конденсаторы *C1*, *C5*, *C6* — КМ-5, КМ-6; *C2*—*C4* — К50-6, а также других типов с допустимым напряжением не ниже 15 В. В качестве источника питания применяется любой источник постоянного тока с напряжением от 9 до 15 В. При использовании батареи «Крона» работо-

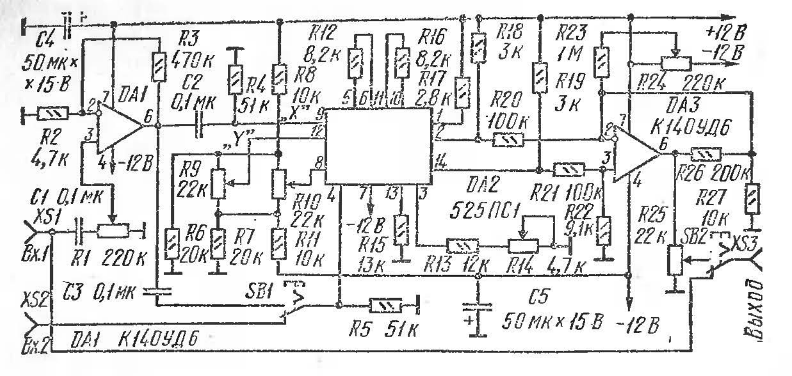


Рис. 3. Схема приставки «Скваер»

способность приставки сохраняется в течение 200 ч непрерывной работы.

Правильно собранная приставка в настройке не нуждается. При необходимости, в случае акустического возбуждения системы гитара — усилитель, следует уменьшить коэффициент усиления микросхемы *DA1*, уменьшив сопротивление резистора *R5*.

В заключение следует сказать, что данная приставка не пригодна для игры аккордами, исключение составляют двузвучия: при игре квартами и квинтами получаются вполне приемлемые тембры.

Вторая приставка, принципиальная схема которой приведена на рис. 3, также обладает широкими возможностями темброобразования. В ее состав входит входной усилитель *DA1*, перемножитель аналоговых сигналов *DA2*, дифференциальный усилитель *DA3*. Аналоговый перемножитель *DA2* имеет два входа: вход «X» (вывод *9*), и вход «Y» (вывод *4*). На вход «X» подается сигнал со входа приставки, усиленный усилителем *DA1*. Вход «Y» подключается через *C3* и *S1* к входу «X» в режиме удвоения частоты входного сигнала. В этом случае перемножитель работает как квадратор, на выходе перемножителя образуется напряжение с удвоенной частотой.

Для получения эффекта вибрато на вход «Y» необходимо подать синусоидальное напряжение с частотой 1...7 Гц и амплитудой 0,5 В от внешнего генератора. При подаче на вход «Y» сигнала с большей амплитудой (до

5 В) и большей частотой (до 10...20 Гц) получается эффект тремоло. Конструкции генераторов широко освещены в литературе и в данной статье не рассматриваются, нужно лишь отметить, что генераторы должны обеспечивать возможность регулировки уровня выходного сигнала в пределах 0...5 В.

Приставка работает следующим образом. Сигнал от электрогитары или от другого источника поступает на вход усилителя *DA1*, в качестве которого применен ОУ с коэффициентом усиления, равным отношению *R3/R2*. К выходу ОУ подключен вход «Х» перемножителя *DA2*. Оптимальный уровень сигнала на входе «Х» составляет 300 мВ и устанавливается с помощью потенциометра *R1*. В приставке использован перемножитель 525ПС1, имеющий дифференциальный выход (выводы *2*, *14*). Для преобразования дифференциального выходного сигнала перемножителя в несимметричный сигнал к выходам перемножителя подключен дифференциальный усилитель *DA3* с цепью установки нулевого напряжения на резисторах *R23*, *R24*. Выходной сигнал приставки снимается с движка потенциометра *R25*.

Резисторы *R9*, *R10*, *R14* служат для настройки перемножителя. Переключатель *SB2* служит для включения и отключения приставки во время исполнения. Переключатель *SB1* предназначен для переключения из режима удвоения частоты в режим вибрато.

Операционные усилители *DA1*, *DA3* — К140УД6, К140УД7, перемножитель *DA2* 525ПС1 можно заменить на 525ПС2. При замене перемножителя необходимо учесть, что 525ПС2 имеет иную цоколевку и не требует применения дифференциального усилителя *DA3*. Подстроечные резисторы *R9*, *R10*, *R14*, *R23* — СП-3, СП-4. Потенциометры *R1*, *R25* — любые, с характеристикой типа «А». *SB1*, *SB2* — тумблеры или кнопки, они переключаются во время исполнения.

Для настройки приставки необходимы осциллограф и генератор синусоидального сигнала. Переключатель *SB1* ставят в положение, соответствующее работе в режиме удвоения, а на вход *DA1* подают синусоидальный сигнал напряжением 30 мВ. Осциллографом контролируют прохождение сигнала по схеме. Потенциометр *R1* устанавливают в такое положение, при котором на выходе *DA1* будет напряжение 300 мВ. Далее настраивают перемножитель, для этого напряжение на входе *DA1*

уменьшают до нуля, движки потенциометров *R9*, *R10*, *R14* ставят в среднее положение и наблюдают постоянное напряжение на выходе ОУ *DA3*. Это напряжение должно быть близко к нулю, если этого нет, производят подстройку с помощью резистора *R23*. Затем подают синусоидальный сигнал на вход *DA1* и наблюдают сигнал на выходе *DA3*. Вращая движок переменного резистора *R14*, а затем *R9* и *R10*, добиваются получения устойчивой картины удвоения частоты входного сигнала. Интересно отметить, что при ином положении движков резисторов *R9* и *R10* возможно получение других эффектов, например можно получить удвоение частоты входного сигнала с последующим переходом к неудвоенному значению частоты при затухании колебаний струны. Можно получить также и эффект выпрямления сигнала. Если подать на вход «Y» перемножителя сигналы специальной формы («пила», экспоненциальные импульсы и т. д.), то происходит как бы «размывание» спектра входного сигнала по частоте и обогащение тембровой окраски. Применяя простейшие полосовые фильтры, можно получить имитацию звучания различных инструментов.

Известно, что исполнение одной и той же мелодии несколькими голосами или инструментами в унисон расширяет тембровую окраску, придает сочность звучанию. Если разделить источники звука в пространстве, поместив их в две отстоящие друг от друга точки (отсюда и название «двухточечный унисон»), получим звучание, создающее объемный эффект, подобный леспи-эффекту. Аналогичный эффект можно получить с помощью специального устройства, описываемого ниже. Устройство выполнено в виде универсальной приставки, предназначенной для работы с микрофоном, звукоснимателем электрогитары или с линейным выходом магнитофона, проигрывателя. Приставка имитирует звучание мелодии на два голоса, сдвинутых относительно друг друга.

Двухточечный унисон известен давно. Принцип его работы заключается в переносе спектра входного сигнала выше или ниже по частоте на несколько герц (обычно от 4 до 7 Гц). В отличие от схемы, рассмотренной в журнале «Радио», 1970 г., № 12, в рассматриваемом ниже устройстве применен бесфильтровый способ формирования однополосного сигнала с помощью фазоразностной модуляции на нулевой несущей. До-

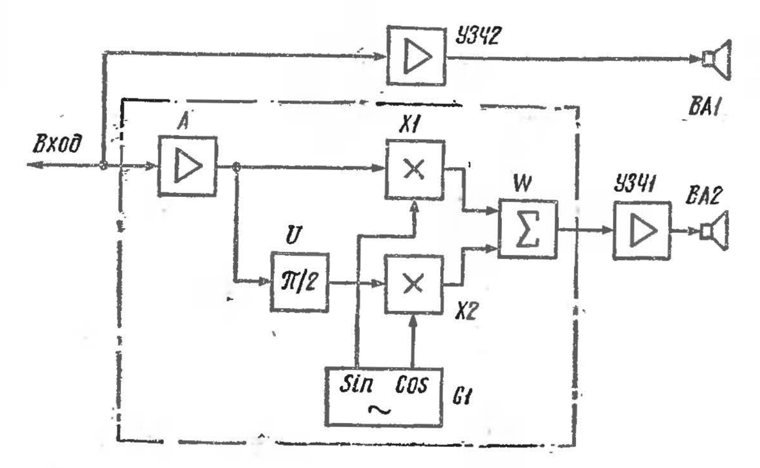


Рис. 4. Функциональная схема системы двухточечного унисона

стоинством этого метода является простота его реализации.

Функциональная схема «двухточечного унисона» показана на рис. 4. Он состоит из двух идентичных перемножителей *X1* и *X2*, широкополосного фазовращателя *U*, сумматора и квадратурного генератора сдвига *G1*. Устройство работает следующим образом. Квадратурный генератор *G1* вырабатывает синусоидальные и косинусоидальные колебания с частотой около 5 Гц. Выходы генератора подключены к входам «Y» перемножителей *X1* и *X2* соответственно. На входы «X» подаются входные сигналы, сдвинутые фазовращателем относительно друг друга на 90°. После перемножения и суммирования на выходе сумматора получим входной сигнал с частотой, уменьшенной на 5 Гц. Если операцию суммирования заменить вычитанием, то частота выходного сигнала будет увеличена на то же значение. Для создания эффекта «двухточечный унисон» необходима двухканальная звуковоспроизводящая установка, состоящая из УЗЧ1 и УЗЧ2 со своими громкоговорителями *BA2* и *BA1*. На УЗЧ1 подают сигнал с выхода микрофона или гитары, а на УЗЧ2 тот же сигнал с выхода приставки.

Принципиальная схема для простоты изображения разбита на две части. На рис. 5 приведена схема входного усилителя и фазовращателя. Входной усилитель

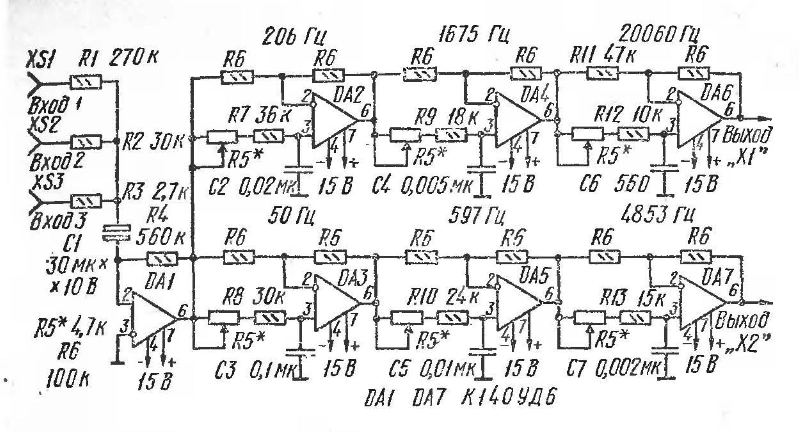


Рис. 5. Схема фазовращателя

на ОУ *DA1* предназначен для приведения к одинаковому уровню, удобному для дальнейшей обработки, входных сигналов от различных источников. Усилитель рассчитан на подключение линейного выхода магнитофона — «Вход 1» (250 мВ) и электрогитары — «Вход 2» (30 мВ). Усилитель можно использовать в качестве микшера, заменив постоянные резисторы *R1*, *R3* переменными.

Фазовращатель обеспечивает сдвиг фаз сигналов на выходе «X1» и выходе «X2», равным 90±2° в диапазоне частот 0,1...10 кГц. Он состоит из шести фазовых фильтров, выполненных на ОУ *DA2—DA7*, с частотами настройки, указанными на схеме. На этих частотах фазовый сдвиг конкретного звена должен быть равен точно 90°. Настройка фазовращателя сводится к подстройке сдвига фазы в каждом звене. Для этого его выход и вход подключают к «X» и «Y» входам осциллографа и при одинаковом усилении по «X» и «Y», добиваются получения фигуры Лиссажу в виде правильного круга, подстраивая резистор *R5** в каждом звене. При настройке последнего звена на частоту 20 060 Гц может понадобиться подбор резистора *R11* для компенсации паразитного фазового сдвига, вносимого ОУ *DA6*. Затем контролируют рабочий диапазон фазовращателя, подключив осциллограф входами «X» и «Y» к выходу «X1» и выходу «X2» соответственно. На один из входов приставки подают гармонический сигнал с номинальным

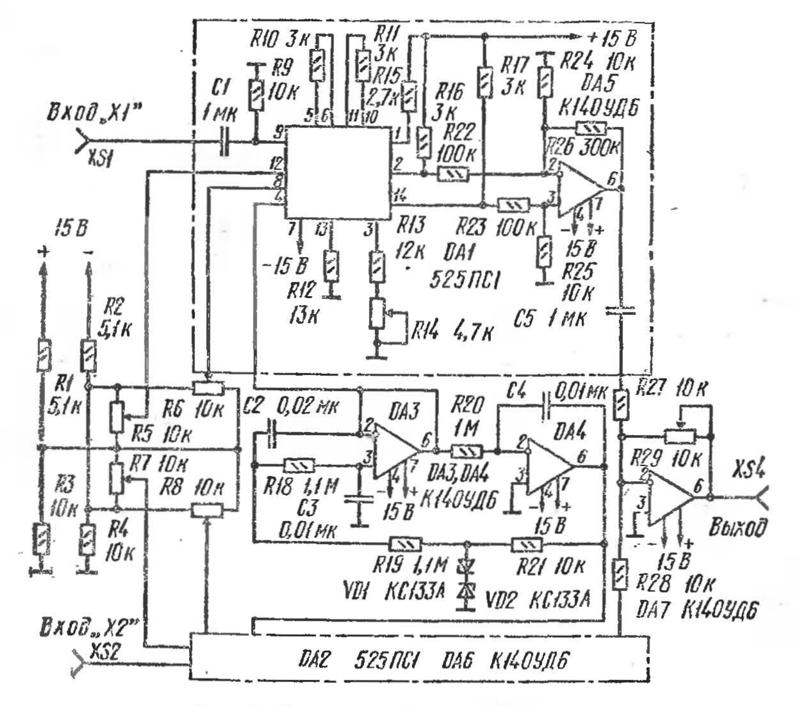


Рис. 6. Схема преобразователя спектра

уровнем. В отлаженном фазовращателе при изменении частоты входного сигнала от 100 Гц до 10 кГц на экране осциллографа должен наблюдаться правильный круг постоянного диаметра.

При работе с различными типами микрофонов и электрогитар может понадобиться подстройка коэффициента усиления входного усилителя с помощью резисторов *R1—R3*, добиваясь на выходе фазовращателя сигнала с амплитудой около 500 мВ.

На рис. 6 приведена принципиальная схема перемножителей, сумматора и квадратурного генератора сдвига. Устройство включает в себя два идентичных канала перемножения (на рис. 6 для простоты изображен только один). К точкам «Вход X1» и «Вход X2» подключаются выходы «X1» и «X2» фазовращателя соответственно. Выходной сигнал всего устройства снимается с выхода сумматора на ОУ *DA7*. Переменным резистором *R29* устанавливается желаемая амплитуда выходного

сигнала. На ОУ *DA3*, *DA4* собран квадратурный генератор сдвига с частотой генерации около 5 Гц. С выхода *DA3* получают синусоидальное колебание, а с выхода *DA4* — косинусоидальное. Амплитуда колебаний генератора стабилизируется встречно включенными стабилитронами *VD1*, *VD2*. Частоту колебаний при желании можно увеличить или уменьшить путем изменения номиналов резисторов *R18—R20* или конденсаторов *C2—C4*. Гармонические искажения синусоидального и косинусоидального сигналов не превышают 1 %. Выходы генератора подключены к входам «Y» перемножителей *DA1* и *DA2* (вывод *4* микросхемы). К входам «X» (вывод *9*) подключен фазовращатель. Балансирование перемножителей производится с помощью резисторов *R5—R8*, напряжение балансировки подается на выводы *8* и *12*. С помощью ОУ *DA5* разность выходных токов перемножителя в нагрузках *R16*, *R17* преобразуется в выходной сигнал $U_{вых.\, x1}$. Сигналы с выходов ОУ *DA5* и *DA6* суммируются на инвертирующем входе сумматора на ОУ *DA7*.

Настройку устройства начинают с проверки работоспособности генератора, который должен давать сигнал без видимых искажений с амплитудой около 1,5 В и частотой 5 Гц. Постоянное напряжение на выходах генератора близко к нулю. Подключая вход «X» осциллографа к выходу *DA3*, а вход «Y» к выходу *DA4*, убеждаются, что разность фаз на выходах равна 90°. На экране должен наблюдаться правильный, без искажений круг.

Настройку перемножителей рекомендуется выполнять в следующем порядке. После десятиминутного прогрева закорачивают «Вход X1» приставки на «землю». Регулировкой *R5*, *R6* для *DA1* и *R7*, *R8* для *DA2* добиваются установки приблизительно нулевого постоянного напряжения на выходе *DA5* и *DA6*. Далее более точной подстройкой *R6* и *R8* балансируют перемножители по входу «Y», добиваясь наибольшего подавления сигнала с частотой 5 Гц на выходе *DA5* и *DA6*. Затем балансируют перемножители по входу «X». Для этого срывают колебания генератора, закоротив резистор *R18* или *R19*, снимают перемычку со входа приставки и подают на любой из входов гармонический сигнал частотой 1 кГц с номинальным уровнем. Подстраивая резисторы *R5* и *R7*, добиваются максимального подавления сигнала с

частотой 1 кГц на выходах *DA5* и *DA6*. При этом несколько нарушается балансировка по входу «Y». Поэтому с первого раза отбалансировать перемножитель обычно не удается, в этом случае всю процедуру повторяют вновь. Оставшуюся разбалансировку устраняют регулировкой резистора *R14*. Далее приступают к проверке приставки целиком. Для этого подают на вход гармонический сигнал с номинальным уровнем и частотой 0,1...10 кГц. На выходе приставки при этом должен наблюдаться чистый гармонический сигнал с амплитудой, регулируемой резистором *R29* в пределах 0...0,7 В. Как показал опыт настройки, амплитуда сигнала на выходе *DA6* несколько превышает амплитуду на выходе *DA5* и для правильного суммирования необходимо подобрать резистор *R28* или *R27*, уменьшая сопротивление первого или увеличивая второго.

В заключение проверяют динамический диапазон. В хорошо отлаженной приставке он составляет не менее 40 дБ во всем диапазоне частот. Для проверки динамического диапазона на «Вход 2» подают сигнал с амплитудой 15 мВ...2 В.

Питание приставки может осуществляться от любого стабилизированного источника питания с напряжением ±15 В, потребляемый ток не превышает 50 мА.

В приставке использованы переменные резисторы СП-4, СП-5. Электролитический конденсатор *C1* — униполярный, К50-6. В приставке могут быть применены любые ОУ. Во входном усилителе желательно использовать малошумящие ОУ К544УД1. Использование ОУ К140УД1 нежелательно ввиду его низкого входного сопротивления.

При конструировании оформления приставки особое внимание следует уделить обеспечению хорошей вентиляции корпуса устройства.

Литература

Алексенко А. Г. и др. Применение прецизионных аналоговых ИС.— М.: Радио и связь, 1981.

Королев Л. Двухточечный унисон.— Радио, 1970, № 12.

Тимонтьев В. Л., Величко Л. М., Ткаченко В. А. Аналоговые перемножители сигналов в радиоэлектронной аппаратуре.— М.: Радио и связь, 1982.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

ЗВУКОВОЙ ГЕНЕРАТОР И СТЕРЕОГЕНЕРАТОР

А. Крючков

Одним из наиболее сложных устройств стереофонического радиоприемника является стереодекодер, от правильности настройки которого зависят основные показатели передачи и воспроизведения звука: достаточное разделение каналов, малые нелинейные искажения и низкий уровень шумов.

Для настройки стереодекодера предлагается прибор, позволяющий получить синусоидальный сигнал звуковых частот, поднесущую частоту 31,25 кГц, полярно-модулированные колебания (ПМК) и комплексный стереосигнал (КСС), имитирующие передачу суммарного и разностного стереофонических сигналов, а также сигналов левого (А) и правого (В) каналов в отдельности.

Технические характеристики прибора

Звуковой генератор: рабочий диапазон частот 10 Гц... 200 кГц; выходное напряжение 2,0 В, регулируется плавно и с помощью ступенчатого аттенюатора ослабляется в 10 и 100 раз. Изменение амплитуды выходного напряжения при изменении частоты генератора не превышает 10 %. Коэффициент нелинейных искажений на частотах 50 Гц...200 кГц менее 0,3 %. Индикация частоты настройки звукового сигнала — с помощью электронно-счетного частотомера.

Стереогенератор: обеспечивает формирование сигналов поднесущей КСС, ПМК с уровнем напряжения на выходе 1 В; переходное затухание между каналами А и В на частоте 1000 Гц не хуже 30 дБ; коэффициент нелинейных искажений выходных сигналов не более 2 %. Кроме того, прибор вырабатывает высокочастотный сигнал КСС или ПМК в диапазоне УКВ на фиксированной частоте около 70 МГц. При этом высокочастотное напряжение на выходе прибора составляет около 10 мВ.

Звуковой генератор (рис. 1) собран на операционном усилителе *DA1*. Частота настройки генератора регулируется плавно сдвоенным переменным резистором *R4*, *R5*. Переключение поддиапазонов осуществляется переключателем *SB1*, который коммутирует конденсаторы *C1*—*C8* в мосте Вина—Робинсона. Стабилизация амплитуды звукового сигнала осуществляется термистором *R2*.

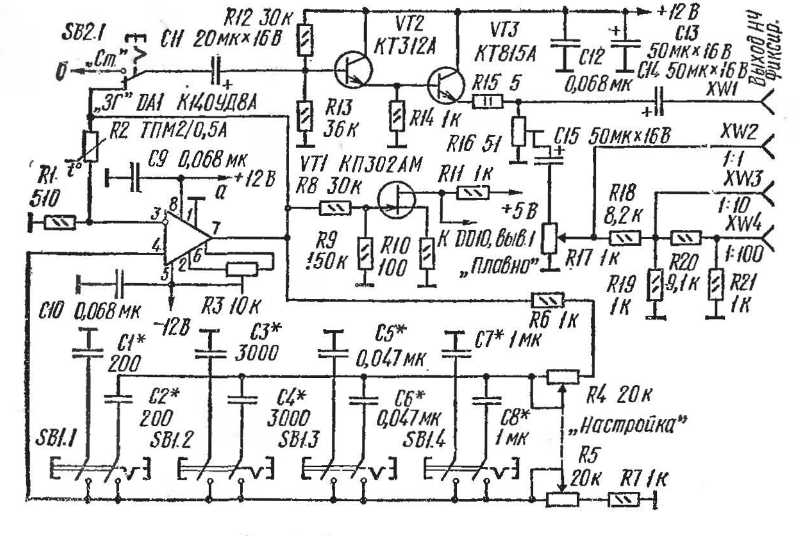


Рис. 1. Схема звукового генератора

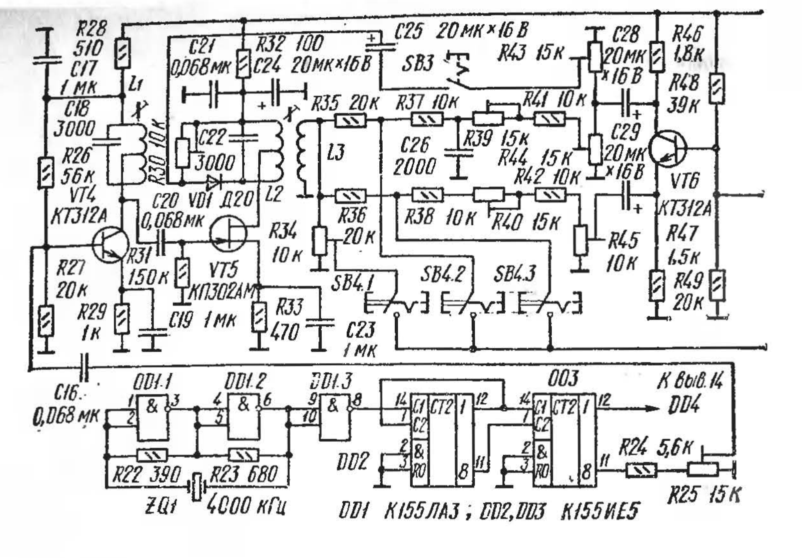
Синусоидальный сигнал с выхода операционного усилителя *DA1* через переключатель *SB2.1* поступает на составной эмиттерный повторитель (*VT2*, *VT3*) и далее на выход прибора.

Стереогенератор, принципиальная схема которого показана на рис. 2, состоит из генератора звуковой частоты 1000 Гц, парафазного усилителя с сумматором, генератора поднесущей частоты, амплитудного модулятора и выходного усилителя.

Генератор звуковой частоты 1000 Гц выполнен на полевом транзисторе *VT7* по схеме автогенератора с трансформаторной связью. Равные по амплитуде, но противоположные по фазе напряжения, снимаемые с эмиттерной и коллекторной нагрузок транзистора *VT6*, подаются на два сумматора, собранные на резисторах *R35—R42*, *R44*, *R45*.

Особенностью этого прибора является кварцевая стабилизация генератора поднесущей частоты 31,25 кГц, который состоит из кварцевого генератора частоты 4 МГц, делителя частоты на 128 и резонансного усилителя.

Генератор частоты 4 МГц выполнен на микросхемах *DD1.1* и *DD1.2* и кварце *ZQ1* по схеме мультивибратора



в автоколебательном режиме. Прямоугольные импульсы через буферный каскад подаются на делитель, который выполнен на микросхемах *DD2*, *DD3*, представляющих собой двоичные четырехразрядные счетчики с коэффициентом деления соответственно на 16 и 8. Прямоугольные импульсы частотой 31,25 кГц, снимаемые с выхода *11* микросхемы *DD3*, подаются на резонансный усилитель *VT4*, настроенный на частоту 31,25 кГц. Синусоидальный сигнал с коллектора транзистора *VT4* подается на амплитудный модулятор поднесущей частоты, который выполнен на транзисторе *VT5* и диоде *VD1*. Напряжение звуковой частоты 1000 Гц поступает на модулятор с парафазного усилителя. Требуемая глубина амплитудной модуляции поднесущей частоты достигается подстроечным резистором *R43*, а минимум нелинейных искажений амплитудно-модулированного сигнала определяется сопротивлением резистора *R30*. Частота настройки контура модулятора определяется индуктивностью катушки *L2* и емкостью конденсатора *C22*. Сигнал поднесущей частоты с катушки связи *L3* модулятора подается на суммирующее устройство. Просуммированные сигналы через переключатель *SB4* поступают на выходной усилитель. При включении кнопок переключателей *SB3* и *SB4.1* на выходной усилитель посту-

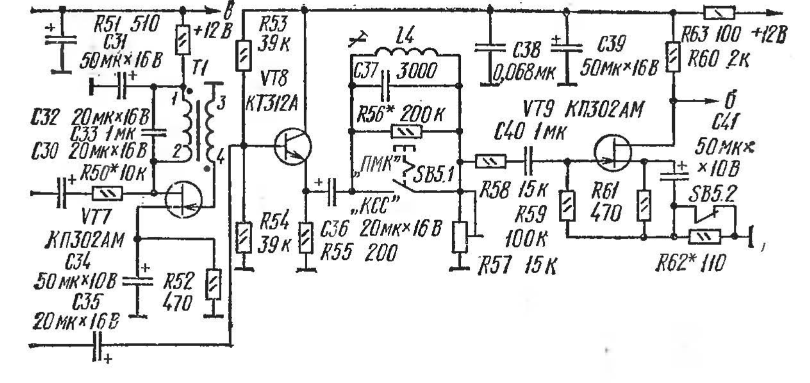


Рис. 2. Схема стереогенератора

пает напряжение, имитирующее суммарный сигнал с противофазной модуляцией. При включении кнопок переключателей *SB3* и *SB4.2* на выходной усилитель поступает напряжение, имитирующее суммарный сигнал в канале А и паузы в канале В, а при включении кнопок переключателей *SB3* и *SB4.3* — сигналы в канале В и паузы в канале А. При выключенной кнопке *SB3* и включенной кнопке переключателя *SB4.1* на выходной усилитель подается сигнал поднесущей частоты 31,25 кГц без амплитудной модуляции. При выключенной кнопке *SB3* и включенной кнопке переключателя *SB4.2* или *SB4.3* на выходной усилитель поступает напряжение, имитирующее суммарный сигнал с синфазной модуляцией.

Вместо кварца на частоту 4 МГц можно применять кварц на 2 или 1 МГц, но для этого необходимо изменить схему делителя частоты, который должен соответственно делить на 64 или 32. При этом на частотомер сигнал частотой 1 МГц должен подаваться либо с вывода *12* микросхемы *DD2*, либо с вывода *8* микросхемы *DD1*.

Выходной усилитель состоит из двух каскадов. Первый каскад собран по схеме эмиттерного повторителя на транзисторе *VT8*. Сигналы ПМК, выделенные на нагрузке транзистора *VT8* (резистор *R55*), подаются на схему частичного подавления поднесущей частоты: контур *L4C37* и резисторы *R56—R58*. Включение контура *L4C37* осуществляется переключателем *SB5.1*. Необхо-

димое значение (14 дБ) подавления поднесущей частоты устанавливается резистором *R57*. Сигналы ПМК или КСС, выделенные на резисторе *R57*, поступают на второй каскад, который выполнен на полевом транзисторе *VT9*. Оптимальный ток транзистора задается сопротивлением резистора *R61*. Усиленные сигналы ПМК или КСС, снимаемые с нагрузки *R60* транзистора *VT9*, через переключатель *SB2.1* (см. рис. 1) поступают на составной эмиттерный повторитель (*VT2*, *VT3*) и далее на выход прибора (гнезда *XW1—XW4*). Значение сигнала на выходе прибора регулируется плавно с помощью потенциометра *R17* или ступенчато через 20 дБ резисторами *R18—R21*.

Выравнивание в приборе уровней выходных сигналов ПМК и КСС осуществляется следующим образом. В режиме «ПМК» переключателем *SB5.2* в цепь истока транзистора *VT9* включается резистор *R62*, который уменьшает коэффициент усиления каскада на 14 дБ и тем самым обеспечивает на выходе прибора одинаковый размах сигналов КСС и ПМК.

Встроенный частотомер исключает необходимость применения градуированного лимба настройки частоты ЗГ. Принцип работы частотомера заключается в том, что счетный узел считает количество поступающих на его вход импульсов, сформированных из входного измеряемого сигнала в течение определенного интервала времени измерения. Диапазон измеряемых частот от 1 Гц до 999 кГц разбит на четыре поддиапазона: 1...999 Гц, 10 Гц...9,99 кГц, 100 Гц...99,0 кГц, 1 кГц... 999 кГц. В зависимости от положения переключателя поддиапазонов *SB1* показания на светодиодах умножаются на 1, 10, 100 и 1000.

На рис. 3 приведена принципиальная схема частотомера, включающая в себя: формирователь входного сигнала, формирователь стробоимпульсов, счетчик импульсов, дешифраторы и индикаторы.

Формирователь входного сигнала преобразует напряжение синусоидальной формы в прямоугольные импульсы. Формирователь состоит из усилителя-ограничителя и триггера Шмитта. Усилитель-ограничитель выполнен по схеме резистивного усилителя на транзисторе *VT1* (в сх. рис. 1). Прямоугольные сигналы с нагрузки *R11* транзистора *VT1* подаются на триггер Шмитта (микросхема *DD10*), который вырабатывает логические прямо-

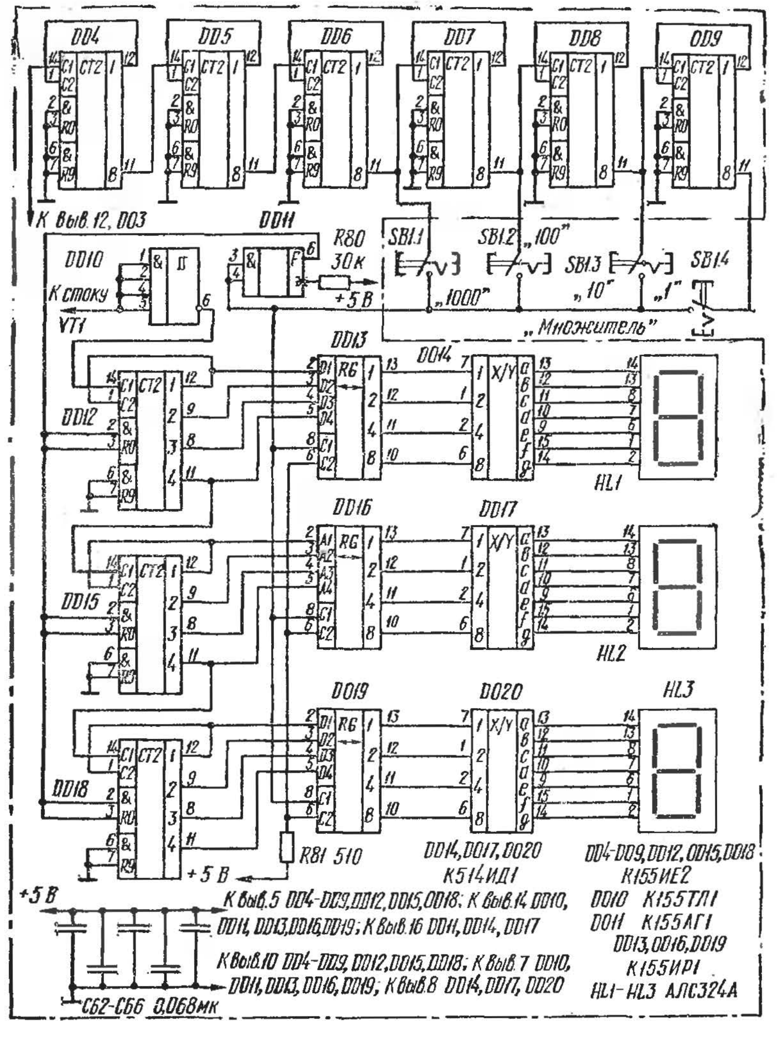


Рис. 3. Схема частотомера

угольные сигналы звукового генератора, поступающие на счетчик импульсов.

Формирователь стробоимпульсов выполнен на триггерах *DD4—DD9*. В качестве опорного сигнала используются прямоугольные сигналы кварцованной частоты

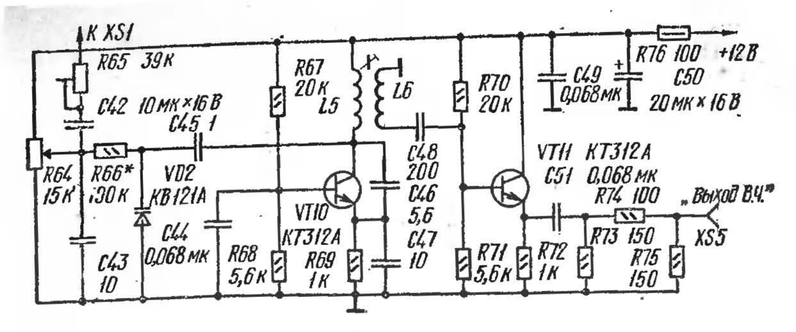


Рис. 4. Схема блока УКВ

1 МГц, снимаемые с вывода 12 *DD3*. Этот опорный сигнал поступает на делитель частоты, который преобразует частоту опорного сигнала до 1 Гц. Каждая микросхема делителя частоты имеет коэффициент деления 10. Стробоимпульсы частотой 1000, 100, 10 или 1 Гц (в зависимости от положения переключателя *SB1*) подаются на одновибратор (*DD11*). Этот каскад осуществляет сброс счетчика импульсов (*DD12*, *DD15*, *DD18*) звукового генератора. Частота импульсов сброса равна частоте стробоимпульсов. Счетчик считает определенное количество импульсов, поступающих на его вход (вывод *14 DD12*) с триггера Шмитта.

Чтобы исключить мерцание показаний индикаторов в момент пересчета импульсов, применяются буферные регистры, выполненные на микросхемах *DD13*, *DD16*, *DD19*. Сигналы с выходов буферных регистров подаются на дешифраторы (*DD14*, *DD17*, *DD20*), которые преобразуют цифровые сигналы двоичного кода в сигналы «семисегментного» кода для управления полупроводниковыми цифровыми индикаторами с разъединенными анодами сегментов (*HL1*—*HL3*).

Частота настройки звукового сигнала (в герцах) определяется по показаниям индикаторов частотомера, умноженным на значение множителя (1, 10, 100 или 1000).

Блок УКВ (рис. 4) выполнен в виде отдельного узла и состоит из автогенератора и выходного каскада.

В СССР радиовещание в диапазоне УКВ осуществляется с частотной модуляцией. Поэтому в приборе применен автогенератор, у которого частота изменяется

в зависимости от значения модулирующего сигнала КСС (ПМК).

Автогенератор выполнен на транзисторе *VT10* по схеме «емкостная трехточка». Частота настройки генератора регулируется изменением индуктивности катушки *L5*. Модулирующий сигнал на автогенератор подается через конденсатор *C42* и резистор *R65*. Частотная модуляция несущей частоты сигнала УКВ осуществляется за счет изменения емкости варикапа *VD2* при подаче на него сигнала КСС (ПМК). Этот варикап подключен к контуру автогенератора через конденсатор *C45*. Для уменьшения амплитудной модуляции сигнала несущей емкость этого конденсатора выбрана очень малой. Максимальная глубина частотной модуляции (девиация несущей) составляет ±50 кГц. Девиация подбирается изменением сопротивления резисторов *R64—R66*.

Частота настройки контура автогенератора определяется индуктивностью катушки *L5* и емкостями конденсаторов *C46*, *C47*. Напряжение автогенератора, снимаемое со вторичной обмотки контура *L6*, через конденсатор *C48* подается на выходной каскад, который собран по схеме эмиттерного повторителя на транзисторе *VT11*. Сигнал, выделенный на нагрузке *R72* транзистора *VT11*, поступает через конденсатор *C51* и согласующее устройство *R73—R75* на выход прибора (гнездо *XS5*).

Блок питания, принципиальная схема которого показана на рис. 5, состоит из понижающего трансформатора *T2*, выпрямителя *VD3* и трех стабилизаторов напряжения +12 В, —12 В, +5 В.

Стабилизатор напряжения +12 В выполнен по схеме активного фильтра на составных транзисторах *VT12*, *VT13*.

Стабилизатор напряжения +5 В выполнен на транзисторах *VT14*, *VT15*.

Стабилизатор напряжения —12 В выполнен по самой простой схеме — на стабилитроне *VD5* и балластном резисторе *R78*.

Конструкция. Прибор собран на общем металлическом Г-образном шасси. Элементы прибора размещены на трех печатных платах. Плата блока УКВ, плата стереогенератора, силовой трансформатор и радиатор с мощными транзисторами стабилизатора расположены сверху на горизонтальной плоскости шасси. На передней панели прибора расположены: плата часто-

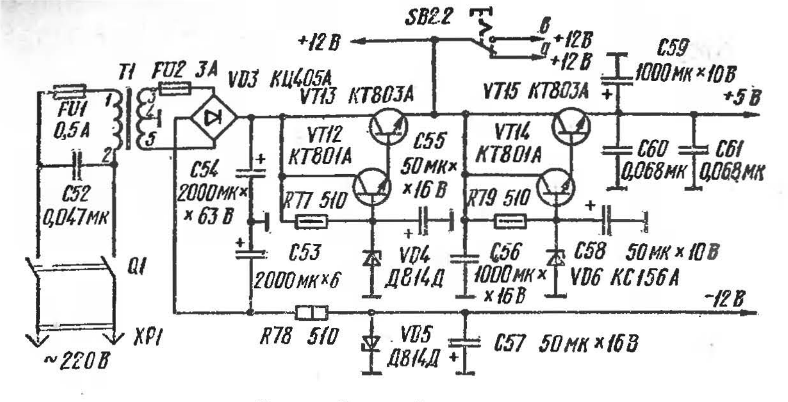


Рис. 5. Схема блока питания

томера с индикаторными светодиодами, пять высокочастотных разъемов (*XS1—XS5*) СР50-70Ф и все органы управления стереогенератора и звукового генератора, переключатели рода работ (*SB1.1—SB1.5*), ручка потенциометров «Частота», ручка потенциометра выходного напряжения «Плавно» и тумблер включения напряжения питания «Сеть» (*Q1*).

К шасси крепится кронштейн, на котором размещены: радиатор с предохранителями и разъем *XP1*. Трансформатор *T1* намотан на ферритовом сердечнике 600НН К12×6×3. Обмотка *1—2* содержит 200 витков провода ПЭВ-2 0,12, а обмотка *3—4* — 40 витков того же провода. Силовой трансформатор намотан на сердечнике ШЛ20×25. Обмотка *1—2* содержит 1500 витков провода ПЭВ-2 0,27, обмотка *3—5* — 200 витков провода ПЭВ-2 0,68 с отводом от середины. Все контуры выполнены на броневых чашечных сердечниках Б30 из феррита марки 2000НМ-1. Катушки *L11*, *L12* имеют по 300 витков провода ПЭВ-2 0,15 с отводом от 60 витка, а катушка связи *L3* — 50 витков. Разработку монтажа блоков стереогенератора, частотомера и других следует провести самостоятельно, ориентируясь на габариты деталей. Соединение выводов микросхем на плате частотомера было выполнено одножильным тонким проводом (для удобства монтажа составляется таблица соединений).

В конструкции применены постоянные резисторы ОМЛТ, подстроечные резисторы СПЗ-9, переменные ре-

зисторы ППЗ-41, ППЗ-44, конденсаторы К50-6, К50-24, КТ, КМ, КД, переключатели П2К и предохранители ДПБ.

Настройку прибора начинают с проверки значений постоянных напряжений питания на выходе стабилизаторов, которые должны быть +12, +5 и —12 В при подключенных эквивалентах сопротивлений нагрузок соответственно 56, 7,5 и 620 Ом.

Далее настраивают звуковой генератор. Для этого переключатель *SB2.1* ставят в положение «ЗГ», а осциллограф подключают к выходу микросхемы *DA1* (вывод *7*). Ручку потенциометров *R4*, *R5* «Настройка» ставят в крайнее левое положение (соответствует максимальному значению сопротивления). Нажимают кнопку переключателя *SB1.4* «1». На экране осциллографа должен наблюдаться сигнал синусоидальной формы с частотой менее 20 Гц и амплитудой около 4 В. Затем потенциометры *R4*, *R5* ставят в крайнее правое положение (соответствует минимальному значению сопротивления). На экране осциллографа должен наблюдаться сигнал синусоидальной формы частотой более 200 Гц. В данном приборе на этом диапазоне минимальная частота звукового сигнала соответствует значению около 4 Гц, а максимальная — около 280 Гц. При этом во всем диапазоне частот амплитуда синусоидального сигнала должна быть практически постоянной. Затем аналогично проверяют другие диапазоны частот звукового генератора. Для этого последовательно включают кнопки переключателя *SB1* «10», «100», «1000» и проверяют параметры звукового сигнала. Амплитуда должна быть равной примерно 4 В и быть постоянной на всех диапазонах. Частота второго диапазона должна быть от 200 до 2000 Гц (в приборе 50 Гц...4 кГц). Частота третьего диапазона от 2 до 20 кГц (в приборе 800 Гц...65 кГц). Частота четвертого диапазона от 20 до 200 кГц (в приборе 14...400 кГц). Если при переключении с диапазона на диапазон не происходит перекрытия звукового сигнала по частоте, то необходимо изменить в нужную сторону емкость конденсаторов *C1—C8*.

Далее осциллограф и ламповый вольтметр подключают к гнезду *XS1* и проверяют значение и форму звукового сигнала на выходе прибора, который должен быть синусоидальной формы и амплитудой около 3 В (действующее значение приблизительно 2 В). Если

имеется ограничение синусоидального сигнала сверху или снизу, то необходимо изменить соотношение резисторов *R12*, *R13*. Затем вольтметр и осциллограф подключают к гнезду *XS2*. Потенциометр *R17* ставят в положение, соответствующее максимальному значению напряжения (по шкале 1 В). Вращая движок потенциометра *R16*, выставляют звуковой сигнал на выходе прибора равным 1,0 В (1,41 В — амплитудное значение). Далее ламповый вольтметр последовательно подключают к гнездам *XS3*, *XS4* и проверяют значения напряжения, которые должны быть соответственно равны 0,10 и 0,01 В.

В заключение с помощью измерителя нелинейных искажений С6-5 устанавливается минимум нелинейных искажений звукового сигнала и проверяется его значение. Для этого прибор С6-5 подключается к гнезду *XS1* и потенциометром *R3* устанавливается минимум нелинейных искажений звукового сигнала. Затем проверяется по всем диапазонам уровень нелинейных искажений, который должен быть не более значений, указанных в технических характеристиках на прибор.

Далее осциллограф подключают к стоку транзистора *VT1* и проверяют сигнал, который должен быть прямоугольной формы и амплитудой примерно 4 В.

Настройку стереогенератора начинают с проверки осциллографом формы и амплитуды прямоугольных импульсов на выходах микросхем *DD1.3*, *DD2*, *DD3*, и сравнения их с осциллограммами, показанными на рис. 6.

Кнопку переключателя *SB2* ставят в положение «Ст». При этом напряжение питания +12 В подается на все каскады стереогенератора.

Осциллографом проверяется наличие синусоидального напряжения 1000 Гц на стоке транзистора *VT7* (при отсутствии сигнала необходимо перебросить выводы *3*, *4* трансформатора *T1*). Далее осциллограф последовательно подключают к эмиттеру и коллектору транзистора *VT6* и проверяют форму и амплитуду синусоидальных сигналов — они должны быть равны по амплитуде (около 2,5 В) и не иметь ограничения. Включают кнопку переключателя *SB4.1*, а кнопку переключателя *SB3.3* отжимают. Ламповый вольтметр (осциллограф) подключают к стоку транзистора *VT5* и, вращая сердечники катушек *L1* и *L2*, настраивают контуры на частоту

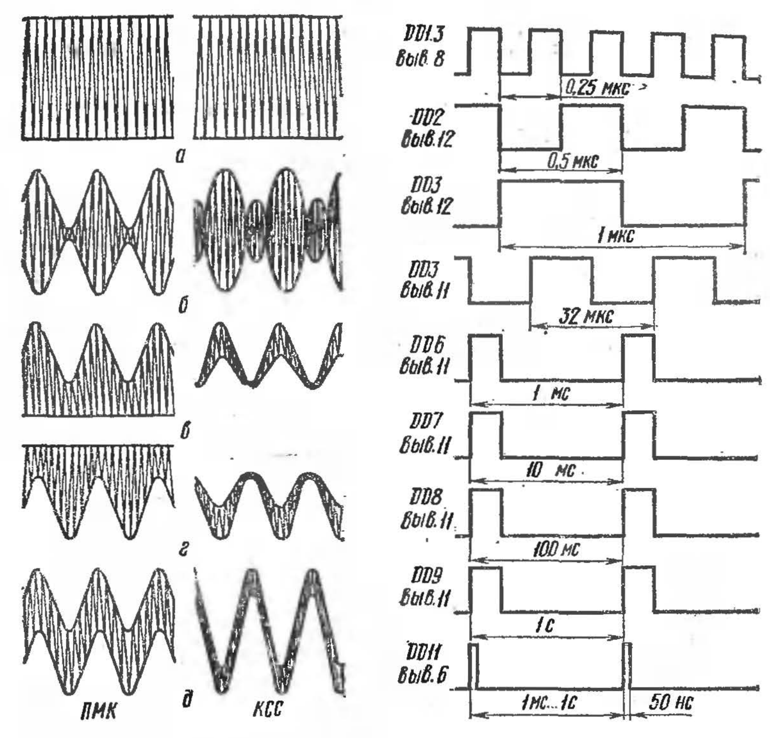


Рис. 6. Формы сигнала стереогенератора

Рис. 7. Временные диаграммы напряжений в частотомере

31,25 кГц (по максимальному размаху). Затем ламповый вольтметр и осциллограф подключают к резистору *R57*, а переключатель *SB5.1* ставят в положение «ПМК». Потенциометром *R34* устанавливают значение сигнала поднесущей 31,25 кГц, равное 0,5 В (действующее значение). Затем переключатель *SB5.1* ставят в положение «КСС» и, вращая сердечник катушки *L4*, настраивают контур частичного подавления поднесущей на частоту 31,25 кГц (ламповый вольтметр и осциллограф покажут минимум напряжения поднесущей). Затем, вращая потенциометр *R57*, устанавливают размах уровня поднесущей комплексного стереосигнала равным 0,096 В (КСС должен быть на 14 дБ меньше, чем ПМК). Если показания лампового вольтметра будут отличаться от необходимого значения напряжения 0,096 В, то следует

подобрать сопротивление резистора *R56*, который шунтирует контур частичного падения поднесущей частоты. Далее ламповый вольтметр (осциллограф) подключают к гнезду *XB2*, переключатель *SB5.1* ставят в положение «ПМК». Вращая потенциометр *R34*, устанавливают сигнал на выходе прибора равным 1 В (рис. 6, *а*). Переключатель *SB5.1* ставят в положение «КСС», при этом напряжение на выходе прибора должно быть одинаковым с напряжением ПМК. Если они отличаются, то необходимо подобрать сопротивление резистора *R26*.

Переключатель *SB5.1* необходимо поставить в положение «ПМК», кнопки переключателей *SB3*, *SB4.1* нажать. Вращая движки подстроечных потенциометров *R30*, *R43*, добиваются получения на экране осциллографа сигнала ПМК с противофазной модуляцией (рис. 6, *б*). Не изменяя положения других переключателей, нажимают кнопку переключателя *SB4.2* и, вращая движки подстроечных потенциометров *R39*, *R44*, добиваются получения на экране осциллографа сигнала ПМК с синусоидальной модуляцией в канале А и паузы в канале В (рис. 6, *в*). Не изменяя положения переключателей, нажимают кнопку *SB4.3* и, вращая движки потенциометров *R40*, *R45*, добиваются получения на экране осциллографа сигнала ПМК с синусоидальной модуляцией в канале В и паузы в канале А (рис. 6, *г*). Не изменяя положения переключателей, отжимают кнопку переключателя *SB3*, и на экране осциллографа наблюдается сигнал ПМК с синфазной модуляцией (рис. 6, *д*). Если переключатель *SB5.1* поставить в положение «КСС», то на выходе прибора будут наблюдаться сигналы КСС, осциллограммы которых показаны на рис. 6, *а*, *б*, *в*, *г*, *д*.

Настройка частотомера сводится к проверке при помощи осциллографа всех импульсов и сравнении их параметров (амплитуды, длительности, частоты) с осциллограммами, показанными на рис. 7.

После настройки частотомера его показания сравнивают с показаниями промышленного электронно-счетного частотомера (ЧЗ-34, ЧЗ-35 и т. д.), который подключают к выходу прибора (гнездо *XS1*).

Настройку генератора УКВ удобно производить с помощью свип-генератора *Х1-19*, подключаемого к выходу генератора (гнездо *XS5*) как бы «сам на себя».

Аттенюатор выхода сигнала свип-генератора ставят в положение «40 дБ» в диапазоне частот 50...150 МГц. При работе генератора УКВ на экране свип-генератора будет наблюдаться метка биений напряжения генератора УКВ и напряжения свип-генератора на частотах 60...80МГц. Вращая сердечник катушки *L5*, выставляют метку биений в диапазоне 65...73 МГц (в приборе около 70 МГц).

Глубину девиации устанавливают следующим образом. На приборе Х1-19 ручками «Частота грубо» и «Частота точно» растягивают его развертку так, чтобы расстояние на шкале прибора между двумя соседними масштабными линиями соответствовало диапазону частот 100 кГц и метка биений находилась бы в середине. Затем, подстраивая потенциометры *R64*, *R65*, добиваются, чтобы метка биений напряжения генератора УКВ и напряжения свип-генератора перемещалась на ±50 кГц относительно среднего значения.

Возможные замены элементов принципиальной схемы прибора

Тип элемента	Возможная замена
К140УД8 В	К140УД8А, К140УД8Б, К574УД1А,Б
КТ312А	КТ315, КТ316
КП302АМ	КП302А
КТ801	КТ807, КТ815, КТ817
КТ803	КТ805, КТ808, КТ819
К155ЛА3	К131ЛА3
Знакосинтезирующий индикатор АЛС324 А	АЛС321 А
Д20	Д18, Д311
КВ121 А	КВ109
СП3-9	СП3-27
ПП3-44	СП3-30
Термистор ТПМ2/0,5А	Последовательно соединенные 2...5 лампочек СМН 6-20 или СМН9-20

Литература

Жмурин П. М. Стереодекодеры.— М.: Связь, 1980.
Кононович Л. М. Радиовещательный УКВ прием. Массовая радиобиблиотека.— М.: Радио и связь, 1977.

ГЕНЕРАТОР ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

В. Валиков

Телевизоры цветного изображения имеют сложную схему, требующую для получения хорошего изображения проведения регулировок как при установке телевизора, так и в процессе его эксплуатации, при ремонте.

Ниже описан генератор испытательных телевизионных сигналов, позволяющий повысить качество настройки телевизоров цветного изображения.

Схема этого генератора характерна тем, что для получения синхронизирующих гасящих импульсов и испытательных сигналов используются колебания одного стабилизированного кварцем генератора.

Полный видеосигнал, вырабатываемый генератором, содержит строчные гасящие импульсы (СГИ) длительностью 12 мкс, строчные синхронизирующие импульсы (ССИ) длительностью 5 мкс, кадровые гасящие импульсы (КГИ) длительностью 1,6 мс, кадровые синхронизирующие импульсы (КСИ) длительностью 160 мкс и один из следующих сигналов испытательного изображения:

сетчатого поля (11 вертикальных и 11 горизонтальных линий);

сетка — точки (редкая сетка с точками в середине каждого квадрата);

шахматного поля;

горизонтальных полос;

вертикальных полос;

«крест»;

черно-белый полукадр с переходом от черного к белому, совпадающим с горизонтальной линией изображения «крест»;

черно-белый полукадр с переходом от белого к черному, совпадающим с вертикальной линией изображения «крест»;

серого поля;

градаций яркости.

Такой выбор испытательных изображений позволяет осуществлять статическое и динамическое сведение лучей, регулировку частоты цвета, центровку изображения, баланс белого в телевизорах цветного изображения, а также проверить АЧХ видеоусилителей, трактов УПЧИ, оценить геометрические искажения отклоняющих систем как в телевизорах цветного, так и черно-белого изображения.

Видеосигнал снимается с разъема «Видео», а его уровень регулируется от 0 до 3 В.

Генератор вырабатывает также радиосигнал одного из телевизионных каналов, его уровень составляет 10...20 мВ, глубина амплитудной модуляции — переменная.

Основными узлами генератора испытательных сигналов являются: формирователь испытательных сигналов, высокочастотный генератор и блок питания,

Сформированный полный видеосигнал поступает на разъем «Видео» и на высокочастотный генератор, модулируя его по амплитуде.

Формирователь сигналов (рис. 1). Задающий генератор выполнен на элементах *DD10.5*, *DD10.6* и представляет собой мультивибратор, в одно из плеч которого включен кварц *ZQ1*.

Элемент *DD10.4* является буфером, а элемент *DD10.3* — инвертором.

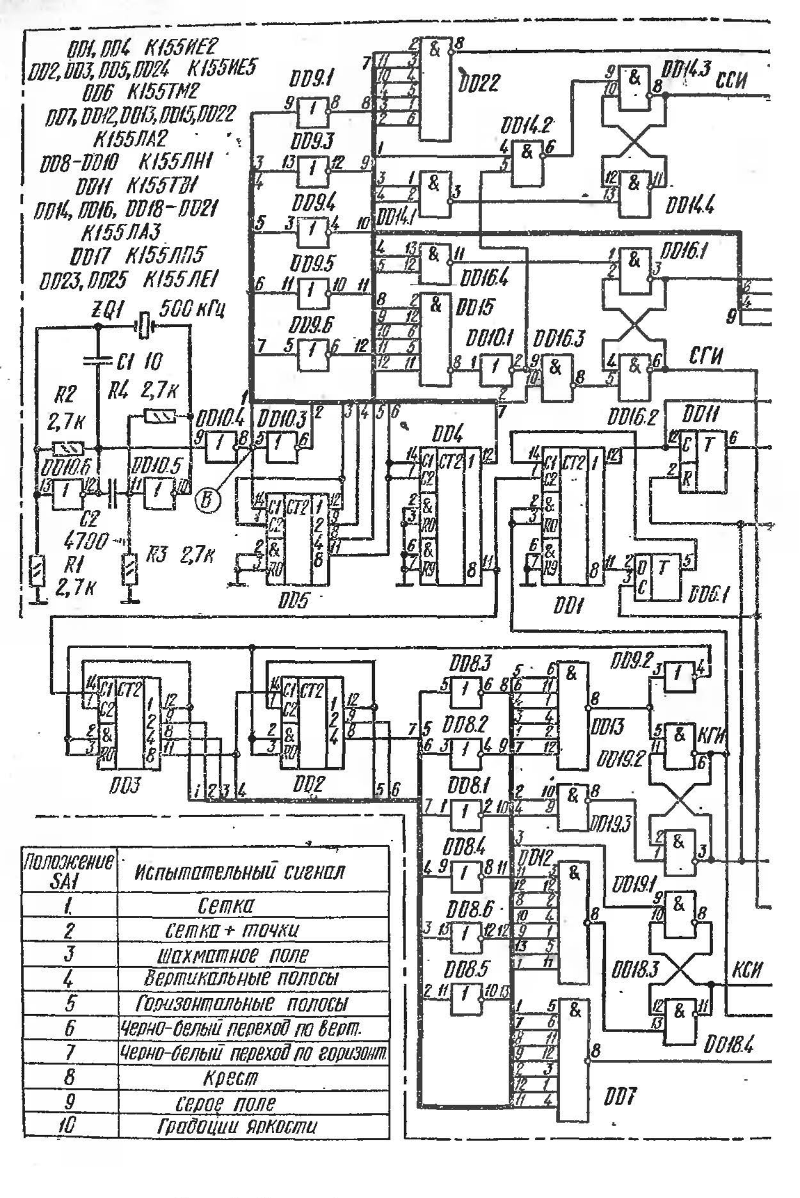
Делитель на 32 образован счетчиком *DD5* (асинхронный делитель на триггерах) и частью счетчика *DD4*. Для получения ССИ, СГИ и импульсов, равных по длительности половине активной части строки, дешифрируются следующие состояния делителя: 0, 3, 6 и 19.

На рис. 2 приведены временные диаграммы, поясняющие формирование строчных импульсов.

Состояние «0» дешифрирует элемент *DD15*. При появлении этого состояния в делителе на выходе элемента *DD10.1*, вход которого подключен к выходу элемента *DD15*, устанавливается высокий уровень напряжения, поступающего на входы *5* и *9* элементов *DD14.2* и *DD16.3* соответственно. На входы *4* и *10* этих элементов поступают в противофазе импульсы задающего генератора. Появляющийся на выходе элемента *DD14.2* отрицательный импульс устанавливает триггер на элементах *DD14.3*, *DD14.4* в единичное состояние, а отрицательный импульс на выходе элемента *DD16.3* устанавливает в единичное состояние триггер на элементах *DD16.1*, *DD16.2*. Так формируются фронты ССИ и СГИ. Но так как импульс на выходе элемента *DD14.2* отстает на полпериода частоты задающего генератора (1 мкс) от импульса на выходе элемента *DD16.3*, то передний фронт ССИ отстает на 1 мкс от переднего фронта СГИ (см. рис. 2).

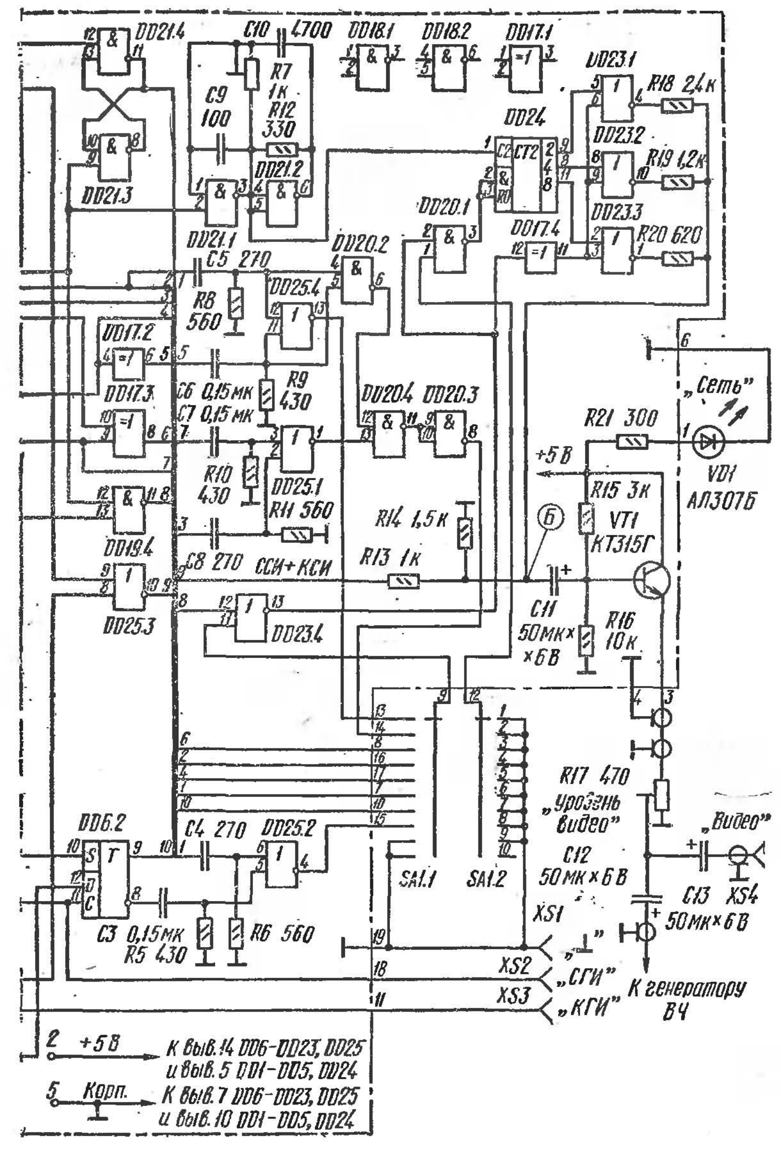
Длительность ССИ определяется состоянием «3» делителя. Это состояние дешифрируется элементом *DD14.1*, на выходе которого появляется отрицательный импульс, устанавливающий триггер на элементах *DD14.3*, *DD14.4* в исходное состояние.

Спад СГИ формируется состоянием «6» делителя, которое фиксируется дешифратором на элементе *DD16.4*. Отрицательный импульс на его выходе возвращает триггер на элементах *DD16.1*, *DD16.2* в исходное состояние. Фронт импульса с длительностью, равной половине



Положение SA1	Испытательный сигнал
1	Сетка
2	Сетка + точки
3	Шахматное поле
4	Вертикальные полосы
5	Горизонтальные полосы
6	Черно-белый переход по верт.
7	Черно-белый переход по горизонт.
8	Крест
9	Серое поле
10	Градации яркости

Рис. 1, Схема формирователя испытательных сигналов



DD21.4
C10 4700
DD18.1
DD18.2
DD17.1
DD23.1
R18 2,4к
C9 100
R7 1к
R12 330
DD24
CT2
DD23.2
R19 1,2к
DD21.2
DD21.3
DD20.1
DD17.4
DD23.3
R20 620
DD21.1
C5 270
DD20.2
DD25.4
R8 560
DD17.2
„Сеть"
C6 0,15 мк
C7 0,15 мк
R9 430
DD17.3
DD20.4
DD20.3
R21 300
+5 В
R10 430
DD25.1
R11 560
VD1 АЛ307Б
R15 3к
R14 1,5к
VT1 КТ315Г
DD19.4
C8 270
ССИ+КСИ
R13 1к
C11 50мк×6В
R16 10к
DD25.3
DD23.4
R17 470
„Уровень видео"
DD6.2
C4 270
DD25.2
„Видео"
C12 50мк×6В
SA1.1
SA1.2
C13 50мк×6В
XS4
XS1
C3 0,15мк
R5 430
R6 560
XS2
„СГИ"
XS3
„КГИ"
К генератору ВЧ
+5 В
К выв.14 DD6–DD23, DD25 и выв.5 DD1–DD5, DD24
Корп.
К выв.7 DD6–DD23, DD25 и выв.10 DD1–DD5, DD24

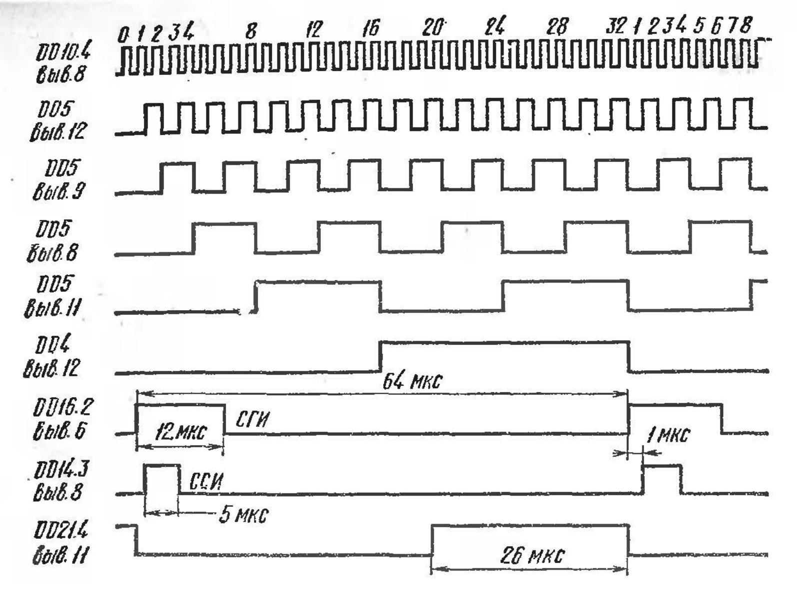


Рис. 2. Временные диаграммы формирования строчных импульсов

активной части строки, определяется состоянием «19» делителя. Это состояние дешифрируется элементом *DD22*, при этом триггер на элементах *DD21.3*, *DD21.4* устанавливается в единичное состояние, а по приходу СГИ на вход *9* элемента *DD21.3* триггер возвращается в исходное состояние.

Инверторы *DD9.1*, *DD9.3—DD9.6* подключены к выходам делителя, а сигналы, снимаемые с их выходов, используются для дешифрации состояний делителя.

На рис. 3 приведены временные диаграммы, поясняющие процесс формирования кадровых импульсов.

Делитель на 5 образован частью счетчика *DD4*. Делитель на 125 выполнен на счетчиках *DD2*, *DD3*, имеющих общий коэффициент деления 256. Заданный коэффициент деления получается выделением 125-го состояния счетчиков с последующей установкой их в исходное состояние. Выделение заданного состояния осуществляется дешифратором на элементе *DD13*. Отрицательный импульс с выхода элемента *DD13*, инвертированный элементом *DD9.2*, устанавливает счетчики *DD2*, *DD3* в нулевое состояние. Одновременно триггер на

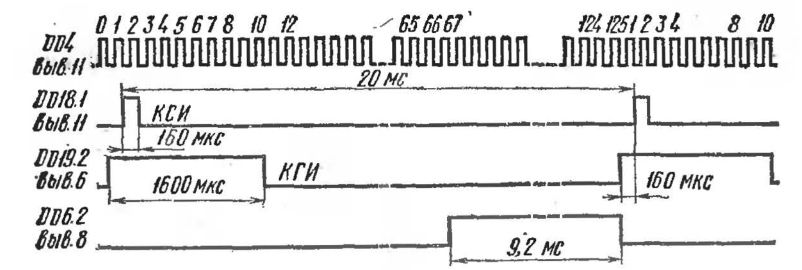


Рис. 3. Временные диаграммы формирования кадровых импульсов

элементах *DD19.2*, *DD19.1* переходит в единичное состояние (см. рис. 3), формируя КГИ.

Фронт КСИ определяется состоянием «1» делителя, которое дешифрируется элементом *DD12*, а появляющийся отрицательный импульс на его выходе устанавливает триггер на элементах *DD18.3*, *DD18.4* в единичное состояние. Спад КГИ определяется состоянием «10» делителя, которое фиксируется элементом *DD19.3*, а триггер на элементах *DD19.2*, *DD19.1* возвращается в исходное состояние. Спад КСИ определяется состоянием «2» делителя. При достижении этого состояния на выходе инвертора *DD8.6* появляется отрицательный импульс, устанавливающий триггер на элементах *DD18.3*, *DD18.4* в исходное состояние.

Фронт импульса с длительностью, равной половине активной части полукадра, определяется состоянием «67» делителя. Это состояние дешифрируется элементом *DD7*, на выходе которого появляется низкий уровень напряжения, а триггер *DD6.2*, *D*-вход которого соединен с выходом элемента *DD7*, устанавливается в нулевое состояние при поступлении очередного СГИ на его тактовый вход. Это состояние триггера *DD6.2* сохраняется до прихода КГИ, по которому триггер возвращается в исходное состояние (см. рис. 3).

Управление триггером *DD6.2* по тактовому входу СГИ обеспечивает привязку его выходных импульсов к строчному интервалу и тем самым исключает сдвиг по вертикали части изображения на одну строку.

Сумматоры синхроимпульсов и гасящих импульсов выполнены на элементах *DD25.3* и *DD19.4* соответственно.

Вспомогательный делитель образован счетчиком *DD1*, триггером привязки *DD6.1* и триггером *DD11*. Триггер *DD6.1* выполняет те же функции, что и триггер *DD6.2*.

Формирователь сигнала «Шахматное поле» образован элементом *DD17.3*. На вход *9* поступают импульсы с выхода триггера *DD11*, а на вход *10* — импульсы с выхода инвертора *DD9.3*.

Формирователь сигнала «Сетчатое поле» образован дифференцирующими цепочками *R8C5* и *R9C6* и элементом *DD25.4*.

К резисторам *R8* и *R9* подключены также входы элемента И-НЕ *DD20.2*, поэтому на его выходе импульсы появляются только в моменты совпадения положительных «всплесков» на выходах дифференцирующих цепочек. Так формируется сигнал «Точки».

Сигнал «Редкая сетка» формируется дифференцирующими цепочками *R10C7* и *R11C8* и элементом *DD25.1*. В этом случае частота импульсов, поступающих на дифференцирующие цепочки, в два раза ниже, чем при формировании сигнала «Сетчатое поле».

Сигналы «Редкая сетка» и «Точки» объединяются элементом *DD20.4* и через инвертор *DD20.3* поступают на переключатель *SA1.1*.

Формирователь сигнала «Крест» образован дифференцирующими цепочками *C3R5*, *C4R6* и элементом *DD25.2*. На цепочку *C3R5* поступают импульсы с длительностью, равной половине активной части полукадра, на цепочку *C4R6* — импульсы с длительностью, равной половине активной части строки.

Элемент *DD23.4* объединяет смесь гасящих импульсов (ГИ) и один из сигналов испытательного изображения, выбираемый переключателем *SA1.1*. В режиме формирования сигналов «Серое поле» и «Градации яркости» на входе *11* элемента *DD23.4* присутствует низкий уровень, а элемент *DD23.4* инвертирует ГИ.

С выхода элемента *DD23.4* объединенный сигнал через инвертор *DD17.4* поступает на первые входы элементов *DD23.1—DD23.3*. На их вторых входах присутствует низкий уровень, так как счетчик *DD24* удерживается в нулевом состоянии элементом *DD20.1*, на вход *1* которого поступает низкий уровень с переключателя *SA1.2*.

При формировании уровня белого на выходах элементов *DD23.1—DD23.3* имеет место высокий уровень,

на выходе сумматора синхроимпульсов (элемент *DD25.3*) — тоже высокий уровень, поэтому в общей точке соединения резисторов цифро-аналогового преобразователя (точка Б) будет напряжение +3 В.

При поступлении гасящего импульса или импульса сигнала изображения на выходах элементов *DD23.1—DD23.3* устанавливается низкий уровень, а напряжение в точке Б понижается до +0,8 В (уровень гашения).

При поступлении синхроимпульсов на выходе элемента *DD25.3* устанавливается низкий уровень, а напряжение в точке Б станет равным нулю (уровень синхроимпульсов).

Сопротивления резисторов цифро-аналогового преобразователя *R13*, *R14*, *R18—R20* выбраны так, что размах синхроимпульсов составляет около 30 % от всего размаха видеосигнала. В формировании сигнала «Градация яркости», кроме преобразователя, участвуют также умножитель, выполненный на элементах *DD21.1*, *DD21.2*, и счетчик *DD24*.

Умножитель представляет собой ждущий *RC*-генератор, в котором возникает незатухающее колебание при положительном напряжении на входе *2* элемента *DD21.1*. Частота колебаний (около 156 кГц) определяется конденсатором *C10*, а точно устанавливается резистором *R7*. Конденсатор *C9* исключает возникновение паразитных высокочастотных колебаний в умножителе.

Импульсы с умножителя поступают на тактовый вход счетчика *DD24*. На его вход *R0* поступают через элемент *D20.1* ГИ, по которым счетчик устанавливается в нулевое состояние, обеспечивая тем самым правильное чередование полос.

Выходные сигналы счетчика *DD24* через элементы *DD23.1—DD23.3* поступают на цифро-аналоговый преобразователь (резисторы *R18—R20*). Сопротивления резисторов относятся как 4 : 2 : 1, поэтому промежуток от уровня белого до уровня черного «разбивается» на восемь равных ступенек (рис. 4).

По приходу ГИ счетчик *DD2* устанавливается в нулевое состояние, на выходе элемента *DD17.4* появляется высокий уровень, по которому на выходах элементов *DD23.1—DD23.3* устанавливается низкий уровень, а в точке Б формируется уровень синхроимпульсов.

Полный видеосигнал через эмиттерный повторитель на транзисторе *VT1*, потенциометр *R17* («Уровень

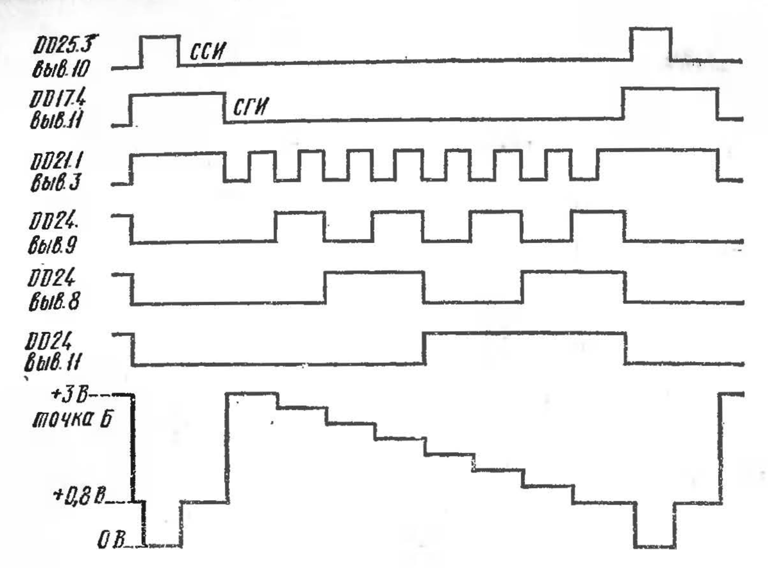


Рис. 4. Временные диаграммы формирования сигнала «градации яркости»

видео»), разделительные конденсаторы *C12* и *C13* поступает на разъем *XS4* («Видео») и к высокочастотному генератору. На гнезда *XS2* («СГИ») и *XS3* («КГИ») подаются строчные и кадровые гасящие импульсы, которые могут, например, использоваться для синхронизации осциллографа при проверке телевизора. Выбор испытательного изображения производится переключателем *SA1*.

Высокочастотный генератор (рис. 5) выполнен на транзисторе *VT1*. Частота генерируемых колебаний определяется элементами колебательного контура *L2*, *C5* и совпадает с частотой одного из телевизионных каналов, желательно того, который не используется для передачи телепрограмм. Режим генерации обеспечивается конденсатором *C2*. Модулирующий видеосигнал поступает через резистор *R1*. Высокочастотное напряжение с катушки связи *L3*, поступает на разъем *XS5* («ВЧ»).

Генератор телевизионных сигналов питается от встроенного сетевого блока питания (рис. 6), который обеспечивает выходное напряжение 5 В при токе нагрузки до 0,4 А и пульсациях не более 10 мВ (полярность *VD1* на рис. 6 следует поменять).

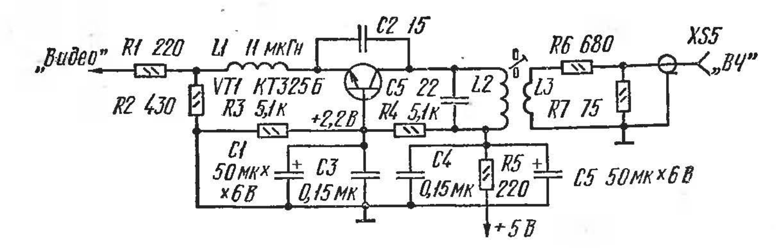


Рис. 5. Схема высокочастотного генератора

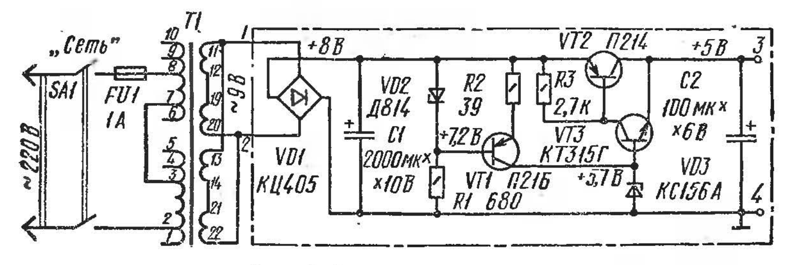


Рис. 6. Схема блока питания

В устройстве использованы резисторы МЛТ-0,25 и МЛТ-0,125. Все электролитические конденсаторы — К50-6. Резистор *R7* формирователя испытательных сигналов — СП3-6а. Резистор *R17* — СП2-3а. Резисторы *R18*—*R20* должны быть с погрешностью ±5 %.

В формирователе испытательных сигналов применяются конденсаторы: *C2*, *C3*, *C6*, *C7*, *C10* — К73-9; *C4*, *C5*, *C8*, *C9* — КМ-5а; *C1* — *КД-1*. В ВЧ генераторе: конденсаторы *C2*, *C5* — КД-1, а *C3*, *C4* — КМ-5а. Вместо транзисторов КТ315Г можно использовать КТ315 с любым буквенным индексом или КТ312, КТ301. Вместо транзистора П214 можно использовать П215, П216, П217 с любым буквенным индексом. Транзистор П21Б может быть заменен любым маломощным германиевым транзистором, например МП40, МП41, МП42 и др. Вместо транзистора КТ325 можно использовать транзисторы КТ355, КТ326. Диодную сборку КЦ405 можно применять с любым буквенным индексом или использовать вместо нее четыре диода Д226, Д7, КД105.

Стабилитрон *VD2* может быть заменен Д808—Д811, Д814А—Д814Д или кремниевым диодом Д226, КД105. Разъемы «Видео» и «ВЧ» — стандартные, используемые

в унифицированных телевизорах для подключения антенны. Гнезда *XS1*, *XS2*, *XS3* — ГИ4. Галетный переключатель ПГМ 2Н10П.

Кварцевый резонатор *ZQ1* имеет частоту 500 кГц. Возможно использование кварцевых резонаторов с номинальной частотой, кратной частоте 500 кГц, но при этом в схему формирователя испытательных сигналов необходимо ввести дополнительный делитель с коэффициентом деления, равным величине кратности. Место включения дополнительного делителя (точка В) указано на рис. 1.

Силовой трансформатор — ТПП232. Можно изготовить силовой трансформатор на магнитопроводе Ш16×20. Тогда первичная обмотка должна содержать 2800 витков провода ПЭВ-1 0,15, а вторичная — 100 витков провода ПЭВ-1 0,5.

Дроссель *L1* — ДМ-0,1. Можно использовать дроссель с индуктивностью от 5 до 20 мкГн.

Катушка *L2* содержит 6 витков посеребренного провода диаметром 0,6 мм и намотана в один слой с шагом 1,5 мм на каркасе диаметром 7,5 мм, в качестве которого может быть использован каркас от контура ПЧ унифицированных телевизоров. Длина каркаса 20 мм. Катушка связи *L3* намотана проводом ПЭЛШО-0,15 поверх катушки *L2* и содержит 2 витка.

Подстроечный сердечник — латунный длиной 10 мм с резьбой М6, шаг 0,75 мм. Можно использовать подстроечник из карбонильного железа, которым комплектуются каркасы. В этом случае при настройке потребуется подбор емкости конденсатора *C5*.

Детали формирователя испытательных сигналов монтируются на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм. Печать двусторонняя. Питание к микросхемам подводится с помощью шин, укрепленных на токопроводящих стойках.

Разработку плат печатного монтажа рекомендуется произвести самостоятельно, исходя из габаритов имеющихся деталей.

Детали генератора ВЧ монтируются на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита, которая помещается в латунную коробку размером 65×35×25 мм, служащую экраном. В крышке коробки делается отверстие для доступа к подстроечному сердечнику.

Стабилизатор напряжения также может быть смон-

тирован на печатной плате. Транзистор *VT2* должен быть установлен на радиаторе размером 25×35×6 мм. Конденсатор *C1* стабилизатора крепится с помощью хомутика на печатной плате.

Силовой трансформатор и стабилизатор блока питания монтируются на П-образном держателе, который устанавливается с обратной стороны лицевой панели. Здесь же на стойках крепится плата формирователя испытательных сигналов и генератор ВЧ.

На лицевую панель выведены держатель предохранителя, тумблер «Сеть», светоизлучающий диод, галетный переключатель, регулятор «Уровень видео», гнезда ГИ4 и высокочастотные разъемы.

Лицевая панель с установленными на ней деталями укрепляется винтами в пластмассовом или деревянном корпусе.

Для налаживания прибора необходимо иметь авометр, осциллограф с полосой пропускания усилителя вертикального отклонения не менее 5 МГц, телевизор.

Налаживание формирователя испытательных сигналов начинают с проверки задающего генератора и делителей частоты, для чего нужно подключить осциллограф к выводу *8* микросхемы *DD10* и проверить период следования импульсов, который должен быть равен 2 мкс. Далее, подключая осциллограф к выводам микросхем, сигналы которых показаны на рис. 2, 3, убедиться, что форма сигналов в контролируемых точках соответствует приведенным на рисунках.

Для регулирования сигнала «Градация яркости» следует подключить осциллограф к разъему «Видео» и засинхронизировать его развертку от СГИ. На экране осциллографа должны быть видны ступеньки, подобные тем, которые показаны на рис. 4 (точка Б). Добиться такого изображения можно вращением движка резистора *R7*.

Затем подать сигнал с разъема «Видео» на видеовход телевизора, убедиться в формировании всех испытательных изображений. Для получения четкого изображения на экране телевизора необходимо отрегулировать соответствующим потенциометром уровень видеосигнала. На этом заканчивается регулировка формирователя испытательных сигналов.

Для настройки ВЧ генератора необходимо соединить кабелем разъем «ВЧ» с антенным входом телевизора,

вращая сердечник, настроить генератор ВЧ на частоту одного из телевизионных каналов (в предлагаемом варианте генератор ВЧ был настроен на частоту второго канала).

Если не удастся настроиться на заданный канал с помощью сердечника, нужно подобрать емкость конденсатора *C5* в ВЧ генераторе и вновь попытаться настроиться на заданный канал. После настройки сердечник фиксируется расплавленным парафином.

Для тех, кто хочет более подробно ознакомиться с принципами построения генераторов испытательных телевизионных сигналов и использованием их для регулировки телевизоров, рекомендуется следующая литература:

Краснов С. К., Иванов В. Г. Контроль и настройка цветных телевизионных приемников.— М.: Связь, 1973.

Крючков А. А. Радиолюбительские приборы для настройки телевизора.— М.: Радио и связь, 1983.

Ельяшкевич С. А., Кишиневский С. Э. Блоки и модули цветных унифицированных телевизоров. Справочное пособие.— М.: Радио и связь, 1982.

Шер С. И. Приборы для проверки и настройки телевизоров.— М.: Связь, 1975.

РАДИОЛЮБИТЕЛЯМ-КОНСТРУКТОРАМ

НИЗКОЧАСТОТНЫЕ УСИЛИТЕЛИ НА ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМАХ

Б. Успенский

За последние годы область применения линейных интегральных микросхем радиолюбителями значительно расширилась. Практически любое электронное устройство, в котором ранее применялись дискретные транзисторы, теперь можно построить с использованием микроэлектронных узлов, причем доступность их такова, что даже начинающему радиолюбителю теперь проще смонтировать устройство на одной-двух интегральных схемах, чем на многих дискретных элементах.

В этой статье будет уделено внимание вопросам создания низкочастотных усилительных устройств на интегральных операционных усилителях (ОУ), являющихся

наиболее распространенными и универсальными среди аналоговых микросхем. Статья подготовлена по материалам обзора «Линейные интегральные микросхемы», который по заявкам радиолюбителей распространяет Письменная радиотехническая консультация при ЦРК СССР имени Э. Т. Кренкеля (103012, Москва, ул. Куйбышева, 4/2, помещение 12).

Классификация и номенклатура операционных усилителей. Микроэлектронные ОУ выпускаются преимущественно сериями, причем обычным является объединение в одну серию ОУ, значительно отличающихся по принципу построения, назначению и функциональным параметрам. Примерами серий с широко развитой номенклатурой микросхем ОУ могут служить К140 и К153.

Операционные усилители можно разделить на следующие группы:

ОУ общего применения, составляющие наиболее многочисленную группу универсальных по применению ОУ со средними значениями параметров;

ОУ прецизионные, характеризуемые повышенной точностью установки передаточной функции благодаря более высокому входному сопротивлению, улучшенным параметрам смещения нулевого уровня и повышенному коэффициенту усиления;

ОУ быстродействующие (широкополосные), характеризуемые повышенной скоростью нарастания выходного напряжения и малым временем установления;

ОУ маломощные, характеризуемые наименьшей потребляемой от источников питания мощностью, а также возможностью, например для ОУ К140УД12, внешней регулировки тока смещения, а значит, быстродействия и потребляемой мощности (такие ОУ называют также программно-управляемыми).

В табл. 1 приведен перечень выпускаемых отечественной промышленностью интегральных микросхем операционных усилителей с кратким указанием отличительных особенностей и характерных параметров.

В дополнение к табл. 1 приведем сведения о трех ОУ, отличающихся своим внутренним строением от остальных усилителей.

Предусилитель К140УД13 характеризуется наименьшими значениями напряжения смещения нулевого уровня и его температурным коэффициентом. Этот предусилитель построен по схеме с преобразованием медленно-

Таблица 1

№ п/п	Наименование микросхемы, особенности	Тип	Зарубежный аналог	Тип корпуса
1	Операционный усилитель средней точности: $U_{см} = 7$ мВ; $I_{вх} = 7 \ldots 11$ мкА $K = 500 \ldots 4500$ (А), $1350 \ldots 12\,000$ (Б), более 8000 (В)	КР140УД1 А...В	μA702C	201.14-1
2	Операционный усилитель средней точности: $U_{см} = 5$ мВ; $I_{вх} = 0{,}7$ мкА $E_п = \pm 12{,}6$ В (А); $\pm 6{,}3$ В (Б)	К140УД2А, Б	Без аналога	301.8-2
3	Операционный усилитель средней точности: $U_{см} = 10$ мВ (А); 5 мВ (Б) $I_{вх} = 5$ мкА (А); 10 мкА (Б); $K \geqslant 500$ (А); 1000 (Б); $R_{вх} = 50$ кОм (А); 7 кОм (Б)	К140УД5 А, Б	Без аналога	301.12-1
4	Операционный усилитель средней точности: $U_{см} = 10$ мВ; $I_{вх} = 100$ нА; $K \geqslant 30\,000$; $R_{вх} = 1$ МОм	К140УД6	MC1456C	301.8-2
5	Операционный усилитель средней точности: $U_{см} = 9$ мВ; $I_{вх} = 0{,}4$ мкА $K \geqslant 30\,000$; $R_{вх} = 400$ кОм	К140УД7	μA741C	301.8-2
6	Операционный усилитель средней точности: $U_{см} = 50$ мВ (А); 100 мВ (Б); 150 мВ (В); $I_{вх} = 0{,}2$ нА $K \geqslant 40\,000$ (А); 15 000 (Б); 9000 (В); $\rho_{вых} = 2$ В/мкс (А, В); 5 В/мкс (Б)	К140УД8 А, Б, В	μA740C	301.8-2
7	Операционный усилитель средней точности: $U_{см} = 5$ мВ; $I_{вх} = 0{,}35$ мкА $K = 35\,000$ (200 Гц) $\rho_{вых} = 0{,}5$ В/мкс	К140УД9	Без аналога	301 12-1
8	Быстродействующий ОУ: $\rho_{вых} = 50$ В/мкс $K \geqslant 25\,000$	К140УД11	LM318	301.8-2

№ п/п	Наименование микросхемы, особенности	Тип	Зарубежный аналог	Тип корпуса
9	Микромощный ОУ с регулируемым потреблением мощности: $U_{см} = 5$ мВ; $I_{вх} = 50$ нА $I_{пот} = 0{,}18$ мА макс. $K \geqslant 100\,000$ (± 15 В)	К140УД12	μA776C	301.8-2
10	Прецизионный предусилитель постоянного тока с дифференциальными входами: $U_{см} = 0{,}05$ мВ; $I_{вх} = 0{,}5$ нА $\Delta U_{см} = 0{,}5$ мкВ/°C	К140УД13	Без аналога	301.8-2
11	Прецизионный ОУ с малыми входными токами и малой потребляемой мощностью: $U_{см} = 2$ мВ(А); $I_{вх} = 2$ нА (А), 7 нА(Б); $f_т = 0{,}3$ МГц $K \geqslant 50\,000$ ((А) 25 000 (Б) $R_{вх} = 30$ МОм	К140УД14 А, Б	LM308	301.8-2
12	Прецизионный операционный усилитель: $U_{см} = 80$ мкВ; $I_{вх} = 4$ нА $\Delta U_{см} = 1{,}3$ мкВ/°C; $K = 200\,000$	К140УД17	OP-07E	301.8-2
13	Широкополосный ОУ с повышенным быстродействием: $f_т = 2{,}5$ МГц; $U_{см} = 10$м В; $R_{вх} = 1$ ТОм	КР140УД18	LF-355	201.12-1
14	Сдвоенный ОУ с внутренней частотной коррекцией и защитой выхода от короткого замыкания: $U_{см} = 5$ мВ; $I_{вх} = 0{,}2$ мкА; 0,5 мкА (КР); $K \geqslant 20\,000$ (± 5 В); 50 000 (± 15 В) $R_{вх} = 400$ кОм; $\rho_{вых} = 0{,}3$ В/мкс	140УД20 КР140УД20 А, Б	μA747 μA747C	201.14-10 201.14-1
15	Операционный усилитель: $U_{см} = 7{,}5$ мВ (А); 2 мВ (Б) $I_{вх} = 1{,}5$ мкА (А); 0,2 мкА (Б) $K \geqslant 15\,000$ (А); 25 000 (Б)	К153УД1 К553УД1А, Б	μA709C	301.8-2 201.14-1
16	Операционный усилитель средней точности: $U_{см} = 7{,}5$ мВ; $I_{вх} = 1{,}5$ мкА; $K \geqslant 20\,000$	К153УД2 К553УД2	LM301	301.8-2 201.14-1

№ п/п	Наименование микросхемы, особенности	Тип	Зарубежный аналог	Тип корпуса
17	Операционный усилитель средней точности: $U_{см} = 2$ мВ; $\Delta U_{см} = 10$ мкВ/°С $I_{вх} = 0{,}2$ мкА; $K \geqslant 25\,000$	К153УД3	μA709A	301.8-2
18	Операционный усилитель микромощный: $U_{см} = 5$ мВ $I_{вх} = 0{,}4$ мкА; $I_{пот} = 0{,}8$ мА; $K \geqslant 5000$; $f_т = 0{,}7$ МГц	К153УД4	Без аналога	301.12-1
19	Операционный усилитель средней точности: $U_{см} = 1{,}5$ мВ (А); 2,5 мВ (Б) $I_{вх} = 100$ нА(А); 125 нА (Б) $\Delta U_{см} = 10$ мкВ/°С $\Delta I_{вх} = 1$ нА/°С К = 500 000 (А); 250 000 (Б)	К153УД5 А, Б КМ551УД1 А, Б	μA725C	301.8-2 201.14-8
20	Операционный усилитель средней точности: $U_{см} = 2$ мВ; $I_{вх} = 75$ нА $K \geqslant 50\,000$; $\Delta U_{см} = 15$ мкВ/°С	К153УД6	LM301A	301.8-2
21	Операционный усилитель с повышенным быстродействием: $U_{см} = 3$ мВ; $I_{вх} = 20$ нА $\rho_{вых} = 10$ В/мкс $I_{пот} = 120$ мкА; $K \geqslant 200\,000$	154УД1	HA2700	301.8-2
22	Быстродействующий ОУ: $U_{см} = 2$ мВ; $I_{вх} = 100$ нА $\rho_{вых} = 75 \ldots 150$ В/мкс $K \geqslant 100\,000$	154УД2		301.8-2
23	Быстродействующий операционный усилитель: $U_{см} = 8$ мВ; $I_{вх} = 200$ нА $\rho_{вых} = 60$ В/мкс; $t_{уст} = 500$ нс; $K \geqslant 8000$	154УД3	AD509	301.8-2
24	Быстродействующий операционный усилитель: $U_{см} = 5$ мВ; $I_{вх} = 1000$ нА $\rho_{вых} = 500$ В/мкс $t_{уст}$ 600 нс	154УД4	HA2520	301.8-2

№ п/п	Наименование микросхемы, особенности	Тип	Зарубежный аналог	Тип корпуса
25	ОУ средней мощности: $I_н = 300$ мА; $U_{см} = 5$ мВ $K \geqslant 50\,000$; $I_{вх} = 500$ нА	К157УД1	Без аналога	201.9-1
26	Двухканальный ОУ: К $\geqslant$ 50 000 (50 Гц); 300...800 (20 кГц)	К157УД2	2 шт. LM301	201.14-1
27	Операционный усилитель с высоким входным сопротивлением: $U_{см} = 30$ мВ (А); 50 мВ (Б); $I_{вх} = 0,15$ нА (А); 1 нА (Б); $U_ш = 5$ мкВ эфф. (А) 10 мкВ эфф. (Б) (0,1...10) Гц $\rho_{вых} = 2$ В/мкс $K \geqslant 50\,000$ (А); 20 000 (Б)	КР544УД1А, Б	µA740	2101.8-1
28	Широкополосный ОУ с высоким входным сопротивлением и повышенным быстродействием: $U_{см} = 30$ мВ (А); 50 мВ (Б, В); $I_{вх} = 0,1$ нА (А); 0,5 нА (Б); 1 нА (В) $f_т = 15$ МГц; $\rho_{вых} = 20$ В/мкс $K = 20\,000$ (А, В); 10 000 (Б)	КР544УД2А, Б, В	CA3130	2101.8-1
29	Оконечный усилитель: $K = 550$; $U_{см} = 20$ мВ; $I_{вх} = 2$ мкА; $R_н = 45...75$ Ом	550УП1	µA791C	201.8-1
30	Малошумящий двухканальный ОУ: $U_{см} = 5$ мВ; $I_{вх} = 2$ мкА; $K_{ос}$ между каналами 60 дБ; $K \geqslant 5000$; $U_ш = 1$ мкВ (А)	КМ551УД2 А, Б	TBA931 µA739C	201.14-8
31	Быстродействующий операционный усилитель с полевыми транзисторами на входе: $U_{см} = 50$ мВ; $I_{вх} = 0,5$ нА $\rho_{вых} = 50$ В/мкс $K \geqslant 20\,000$ (А); 50 000 (Б)	К574УД1А, Б	AD513	301.8-2

№ п/п	Наименование микросхемы, особенности	Тип	Зарубежный аналог	Тип корпуса
32	Двухканальный малошумящий ОУ с полевыми транзисторами на входе: $U_{см} = 15$ мВ; $I_{вх} = 0{,}2$ нА $\rho_{вых} = 12$ В/мкс $f_т = 3$ МГц; $R_{вх} = 1$ ГОм	К574УД2	TL083	301.12-1
33	Сдвоенный операционный усилитель для устройств видеозаписи	КР1005УД1	AN6551	201.14-1
34	Счетверенный ОУ с однополярным питанием: $K \geqslant 1200$; $f_т = 2{,}5$ МГц $R_{вх} = 1$ МОм	К1401УД1	LM2900	201.14-3
35	Счетверенный ОУ: $U_{см} = 7$ мВ; $I_{вх} = 250$ нА $K \geqslant 15\,000$	К1401УД2	LM324	201.14-9
36	Малошумящий широкополосный ОУ для низкоомных источников сигнала: $U_{см} = 10$ мВ; $I_{вх} = 10$ мкА $e_ш = 5$ нВ/$\sqrt{Гц}$ (10 кГц)	К1407УД1	Без аналога	301.8-2
37	Программируемый малошумящий ОУ: $E_п = \pm(1{,}2 \ldots 13{,}2)$ В; $I_{вх} = 0{,}15$ мкА макс. $K = 50\,000$	КР1407УД2	LM4250	2101.8-2
38	Высоковольтный операционный усилитель: $U_{вых} = \pm 18$ В; $U_{см} = 8$ мВ; $I_{вх} = 40$ нА $K \geqslant 50\,000$; $\rho_{вых} = 2{,}5$ В/мкс	КР1408УД1	LM343	201.14-1
39	Операционный усилитель с малыми входными токами: $I_{вх} = 50$ пА; $U_{см} = 15$ мВ	КР1409УД1	CA3140	3101.8-2.0

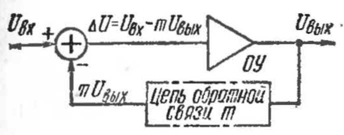


Рис. 1. Усилитель с отрицательной обратной связью

Рис. 2. Дифференциальное включение ОУ

меняющегося входного сигнала в переменное напряжение с последующим его усилением и демодуляцией. Использованы ключевые модулятор и демодулятор на полевых транзисторах, работающих на частоте 1...30 кГц. Коэффициент усиления К140УД13 равен 10, выходное напряжение не превышает ±1 В, а диапазон частот ограничен сверху значением, равным 10...20 % от частоты модуляции. Для формирования сигнала с большей амплитудой необходим дополнительный ОУ, например К140УД7.

Особенностью реализации ОУ К140УД12 является наличие отдельного вывода для подключения цепи управляющего тока. Изменяя управляющий ток в пределах 1,5...15 мкА, можно изменить при напряжении питания ±15 В потребляемую мощность от 0,9 до 6 мВт, коэффициент усиления от $5 \cdot 10^4$ до $2 \cdot 10^5$, частоту единичного усиления от 0,01 до 0,1 МГц, скорость нарастания выходного напряжения от 0,1 до 0,8 В/мкс. Усилитель сохраняет работоспособность при изменении напряжения питания от ±1,2 В до ±15 В. Потребляемая мощность 150 мкВт при напряжении питания ±3 В. Такой усилитель особенно подходит для устройств с батарейным питанием. Аналогичными свойствами обладает усилитель КР1407УД2.

Выпускается счетверенный ОУ К1401УД1, который известен под названием «токоразностный усилитель» и отличается возможностью работы только с однополярным источником питания. Особенностей этого типа ОУ здесь касаться не будем. Интересующихся отсылаем к книге Дж. Рутковски «Интегральные операционные усилители» (М., Мир, 1978), где дано много примеров использования токоразностного ОУ.

Усилители сигналов. Операционные усилители в большинстве применений работают с цепью отрицательной обратной связи, при которой выходной проинверти-

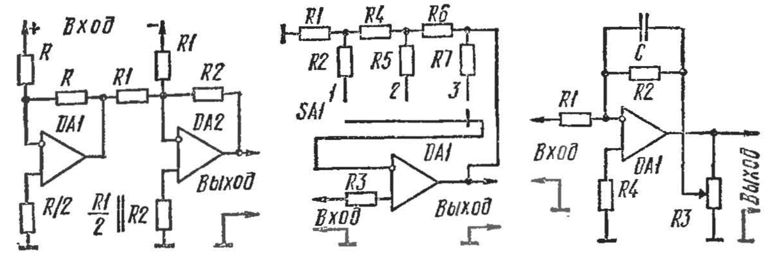


Рис. 3. Улучшенный дифференциальный усилитель

Рис. 4. Масштабный усилитель

Рис. 5. Регулировка усиления

рованный сигнал поступает на вход (рис. 1). При глубокой отрицательной обратной связи коэффициент передачи устройства в основном определяется цепями обратной связи, а влияние разброса и нестабильности параметров уменьшается. Например, уменьшаются искажения и нелинейность, происходит сглаживание неравномерной частотной характеристики, а также появляется возможность точно сформировать расчетную амплитудную или амплитудно-частотную характеристику в пределах полосы пропускания ОУ. Чем глубже отрицательная обратная связь, т. е. чем больше коэффициент усиления ОУ без обратной связи, тем меньше характеристики устройства зависят от разброса и нестабильности параметров микросхемы.

Схема дифференциального включения ОУ (рис. 2) является сочетанием инвертирующей и неинвертирующей схем. Выходное напряжение $U_{вых}=(U_2-U_1)\ R2/R1$. Задавшись величиной $N=R2/R1$, получим умножение разности двух сигналов на коэффициент N. Недостатком данной схемы является то, что при больших входных сигналах не обеспечивается достаточное ослабление по синфазному сигналу. Если использовать два ОУ, можно построить схему дифференциального усилителя без синфазных сигналов на входах (рис. 3), так как неинвертирующие входы ОУ заземлены.

Масштабный усилитель на ОУ с дискретной установкой коэффициента передачи следует строить так, чтобы при переключениях не нарушать режима входов ОУ. В схеме рис. 4 с помощью переключателя можно устанавливать три значения K_U:

$$(R1+R4+R6)/R1; \quad (R1+R4+R6)/(R1+R4);$$

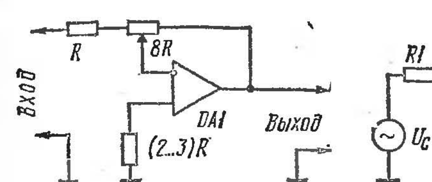


Рис. 6. Получение показательной функции

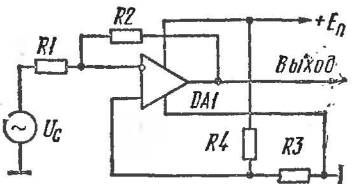


Рис. 7. Подача смещения на входы ОУ

Резисторы *R2*, *R5*, *R7* необходимы для выравнивания сопротивлений, подключаемых к входам.

Для плавной регулировки усиления рекомендуется устройство, схема которого представлена на рис. 5 (при условии $R3 \ll R2$). Конденсатор *C* в данном случае установлен для ограничения сверху полосы усиливаемых частот, т. е. для создания фильтра нижних частот с граничной частотой $f_{гр} = 1/2\pi C \cdot R2$, не зависящей от значения K_U.

В усилителях звуковых частот для регулировки усиления применяют потенциометры группы В с показательной зависимостью сопротивления от угла поворота. Хорошее приближение к такой нелинейности можно получить в усилителе с линейным потенциометром, схема которого приведена на рис. 6.

Если необходимо выполнить на ОУ усилитель переменного напряжения с единственным источником питания, можно использовать варианты дифференциального включения (рис. 7). Для сигнала U_c это инвертирующая схема с $K_U = R2/R1$. Чтобы на выходе ОУ была половина $+E_п$, необходимо выполнить соотношение $R4/R3 = 2K_U + 1$. Если U_c подать через разделительный конденсатор (как чаще всего поступают), следует принять $R4 = R3 = 2 \cdot R2$. Можно подать сигнал через разделительный конденсатор на неинвертирующий вход ОУ и заземлить левый вывод *R1* через электролитический конденсатор; соблюдая равенство $R4 = R3 = 2 \cdot R2$, получим входное сопротивление усилителя $R_{вх} = R2$.

Часто бывает необходимо повысить входное сопротивление усилителя без чрезмерного увеличения сопротивлений делителя. В усилителях с двуполярным питанием с помощью устройства на рис. 8 достигают повышения входного сопротивления по переменному напряжению за счет подключения *R3* к средней точке

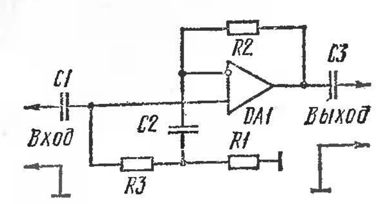


Рис. 8. Усилитель переменного напряжения

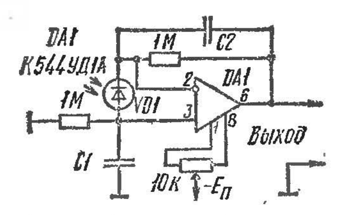


Рис. 9. Усилитель фототока

делителя обратной связи. Учитывая собственное входное сопротивление $r_{вх}$ и коэффициент усиления K микросхемы и принимая $R3 \gg R1$, можно записать

$$R_{вх} \approx \frac{K \cdot R3}{(1 + R3/r_{вх})(1 + R2/R1)}.$$

Если усиление велико ($R2 : R1 \gg 1$), то при $r_{вх} \gg R3$ получим $R_{вх} \approx K \cdot R3 \cdot R1/R2$. Изменение K с частотой приводит к изменению $R_{вх}$, однако на низких частотах оно значительно за счет большой избыточности усиления микросхемы.

На основе ОУ очень просто реализуются усилители тока (преобразователи ток — напряжение). Идеальный источник тока имеет бесконечное выходное сопротивление и его выходной ток не зависит от нагрузки. Нижний предел доступного измерению тока определяется током смещения ОУ, поэтому здесь используют ОУ на полевых транзисторах. На рис. 9 показан усилитель фототока с кремниевым фотодиодом. Емкости конденсаторов *C1*, *C2* выбираются из условия устойчивости ОУ и подавления возможных наводок.

Дифференциальный потенциометрический УПТ, представленный на рис. 10, очень часто применяется в устройствах преобразования потенциалов, поступающих как от заземленных, так и от незаземленных источников сигналов, в напряжение на низкоомной заземленной нагрузке. Усилители *DA1.1*, *DA1.2* являются неинвертирующими, а *DA2* включен по дифференциальной схеме с умножением разности входных сигналов. При условии $R1 = R4$, $R2 = R5$, $R6 = R7$ коэффициент усиления разности входных напряжений, в нашем случае составляет $K_U = (1 + 2R1/R3) \cdot R6/R2 = 100$

Этому УПТ свойственны следующие особенности:

усилители *DA1.1*, *DA1.2* обеспечивают по обоим входам высокое входное сопротивление, определяемое лишь

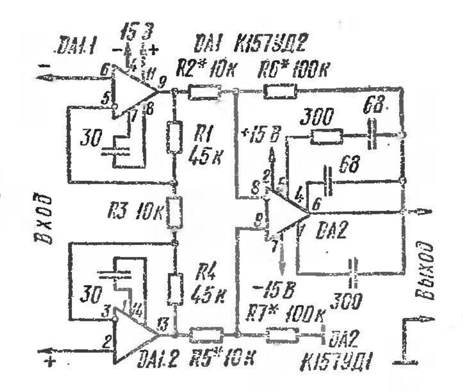


Рис. 10. Дифференциальный потенциометрический усилитель постоянного тока

утечками и изоляцией входных цепей (оно трудно поддается измерению);

усиление легко регулируется изменением сопротивления одного резистора *R3*, его можно сделать переменным;

различие в сопротивлениях резисторов *R1*, *R4* изменяет коэффициент усиления, но не влияет на подавление синфазного сигнала;

для большего подавления синфазного сигнала следует точно подобрать или попарно отрегулировать *R2*, *R5* и *R6*, *R7*;

сопротивления резисторов *R1*—*R5* не влияют на входное сопротивление, поэтому их можно выбрать небольшими для уменьшения влияния токов смещения;

поскольку выходное напряжение пропорционально разности напряжений смещения усилителей *DA1.1* и *DA1.2*, для температурной компенсации сдвига уровня напряжения следует применить сдвоенные ОУ (К157УД2, КР140УД20 и др.);

входной ток усилителя создает на внутреннем сопротивлении генератора падение напряжения, воспринимаемое как сдвиг нулевого уровня, который зависит от температуры и не компенсируется.

Устройство на рис. 11 представляет собой высококачественный двухканальный предварительный усилитель для электромагнитного звукоснимателя стереопроигрывателя. Усилитель выполнен на одной микросхеме. Питание от источника +30 В. Сложная цепь отрицательной обратной связи предназначена для формирования необходимой частотной характеристики предусили-

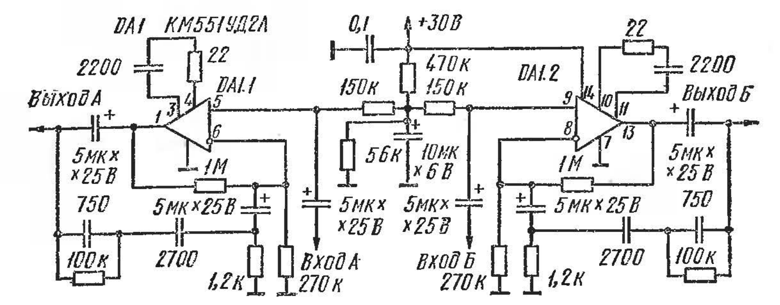


Рис. 11. Предусилитель для стереофонического звукоснимателя

теля по существующим нормам. Типичные параметры усилителя таковы:

усиление 40 дБ на частоте 1 кГц;

пиковая перегрузка входов до 80 мВ эфф.;

уровень шума, приведенный к входу, 2 мкВ;

отношение сигнал — шум 74 дБ при мощности 10 мВт;

разделение каналов 80 дБ на частоте 1 кГц.

Усилители мощности. Стандартные микросхемы ОУ выдают напряжение ±10 В на нагрузку не менее 1 кОм, т. е. пиковая мощность не превышает 100 мВт, а эффективная для синусоидального сигнала — 50 мВт. Повышение выходной мощности возможно в случае выполнения следующих условий:

увеличения выходного тока с сохранением амплитуды напряжения на нагрузке;

увеличения амплитуды выходного напряжения;

увеличения выходного напряжения свыше ±10 В при одновременном увеличении тока нагрузки.

Рассмотрим эти приемы с использованием стандартных ОУ.

Два усилителя могут работать на одну нагрузку параллельно (рис. 12), если уравнять их выходные токи с помощью резисторов *R3*. Ориентировочно падения напряжения на *R3* составляют 0,2...0,5 В при максимальном токе ОУ. В нагрузку при этом поступает удвоенный ток.

Аналогичную функцию усиления тока выполняет устройство, схема которого приведена на рис. 13. Раскачка на транзисторы оконечного каскада в этой схеме подается с выводов питания ОУ. При этом транзисторы *VT1*, *VT2* образуют две дополнительные пары усиления

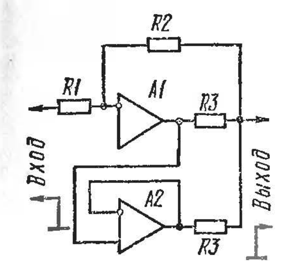


Рис. 12. Параллельное включение ОУ

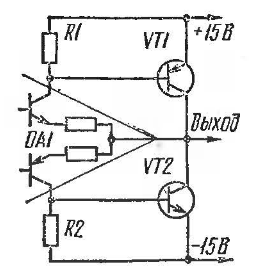


Рис. 13. Усилитель тока с каскодными парами

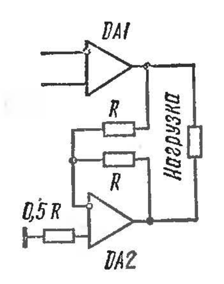


Рис. 14. Удвоение выходного напряжения

напряжения вместе с выходными эмиттерными повторителями ОУ. При малых токах нагрузки транзисторы *VT1*, *VT2* заперты, весь выходной ток протекает через ОУ. При больших сигналах транзисторы *VT1*, *VT2* открываются и основная часть выходного тока проходит через них, а выходной ток ОУ ограничен значением, равным 0,65В/*R1*. Существенное преимущество этой схемы состоит в том, что благодаря наличию тока покоя ОУ на переходах база — эмиттер транзисторов выходного каскада присутствует начальное напряжение смещения около 400...500 мВ, зависящее от сопротивления резистора *R1*. При этом ток покоя в выходном каскаде на кремниевых транзисторах еще будет отсутствовать, в результате нет необходимости принимать дополнительные меры для его стабилизации.

Если нагрузка ОУ может быть не связана с землей (например, обмотка реле или трансформатора), то увеличить выходное напряжение вдвое можно с помощью устройства, собранного по схеме рис. 14. Инвертор *DA2* подводит к нагрузке противофазное напряжение.

Существенное увеличение амплитуды напряжения на нагрузке можно обеспечить путем подключения к ОУ выходного каскада с отдельными повышенными питающими напряжениями. Схема такого широкополосного устройства приведена на рис. 15. Рассмотрим ее подробно.

Для получения максимальной полосы частот сигнал раскачки подается на эмиттеры *VT1*, *VT2*, которые образуют каскодные схемы *VT1*, *VT3* и *VT2*, *VT4* на транзисторах разной проводимости.

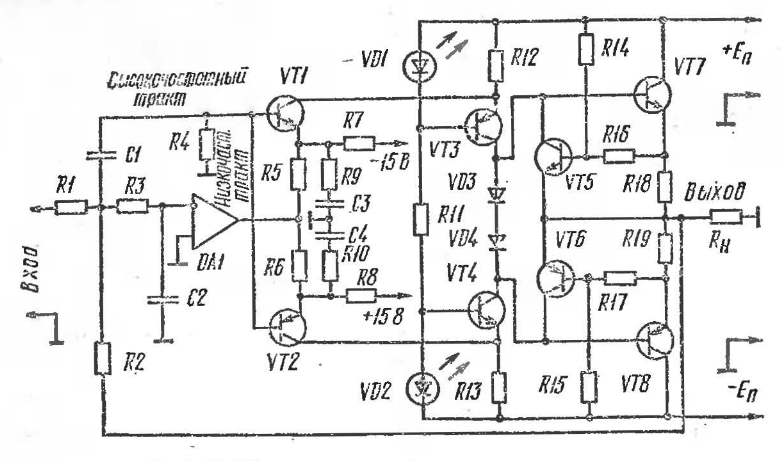


Рис. 15. Широкополосный усилитель мощности

Чтобы полоса усиливаемых частот не ограничивалась ОУ, входной сигнал подается на два тракта: низкочастотный и высокочастотный. Этот усилитель обладает хорошей стабильностью нулевого уровня из-за наличия ОУ и оптимальными частотными свойствами. Быстродействие ограничено лишь частотными свойствами выходного каскада. Все устройство ведет себя как инвертирующий усилитель с отрицательной обратной связью и коэффициентом усиления, равным *R2/R1*. Его не следует выбирать более 10, что достаточно для получения выходных сигналов до ±100 В при входных ±10 В.

Для расчета усилителя сначала следует задать коллекторные токи *VT1—VT4*. Выбираем их по 10 мА. Тогда через *R12* и *R13* должен протекать ток 20 мА. Используем в качестве *VD1*, *VD2* светодиоды с красным свечением (они понадобятся для сигнализации включения питания), прямое напряжение которых составляет 1,6 В. За вычетом напряжения база — эмиттер *VT3*, *VT4* падения напряжения на *R12*, *R13* будут по 1 В. Следовательно, *R12*=*R13*=50 Ом (1 В/20 мА).

При отсутствии сигнала ток через равные резисторы *R5*, *R6* примерно равен 0,6В/*R6*. На эту величину ток, протекающий через *R7* и *R8*, должен превышать коллекторный ток транзисторов *VT1*, *VT2*.

Для максимального использования источников тока на транзисторах *VT3*, *VT4* их коллекторные токи должны изменяться от среднего значения 10 мА в обе стороны до 0 и до 20 мА. На основании этого определим $R5 = R6 = 10$ В/10мА $= 1$ кОм. Значит, в состоянии покоя ток через *R5*, *R6* равен 0,6 В/1 кОм = 0,6 мА, а через *R7* и *R8* — (10+0,6) мА. Следовательно, $R7 = R8 = 15$ В/10,6 мА = 1,4 кОм; принимаем 1,3 кОм. На этом расчет сопряжения ОУ с оконечным каскадом заканчивается; далее необходим расчет выходных транзисторов.

Целесообразно для защиты выходных транзисторов от перегрузки использовать устройства ограничения максимальной силы выходного тока. В схеме по рис. 15 ограничение тока достигается с помощью транзисторов *VT5*, *VT6*, базовые цепи которых подключены к датчикам тока *R18*, *R19*. Транзистор *VT5* или *VT6* откроется и зашунтирует переход база — эмиттер выходного транзистора, когда потенциал его базы превысит $U_{бэ} \approx 0{,}6$ В. Ток ограничения на выходе составит

$$I_{огр} = \frac{U_{бэ}}{R18} - (E_п - U_{вых}) \frac{R16}{R14 \cdot R18}.$$

В рабочем режиме этот ток возрастает одновременно с увеличением тока нагрузки, когда выходное напряжение стремится к номиналу $E_п$. Если выполнить условие $R14 \cdot R18/R16 = R_н$, ток ограничения при любых положительных $U_{вых}$ для транзистора *VT7* и отрицательных $U_{вых}$ для транзистора *VT8* будет превышать ток нагрузки на одну и ту же величину

$$\Delta I = \frac{U_{бэ}}{R18} - \frac{E_п}{R_н}.$$

Полагая $\Delta I = (0{,}1...0{,}2)\ I_{макс}$, можно определить *R18* при известных $E_п$, $R_н$. Здесь следует использовать минимальное значение $R_н$, если нагрузка изменяется. Далее, выбирая $R16 = (200...800)$ Ом, подсчитывают $R14 = R_н \cdot R16/R18$. Для симметричной схемы $R14 = R15$, $R16 = R17$, $R18 = R19$.

С такой схемой защиты максимальная мощность, рассеиваемая на низких частотах в рабочем режиме каждым из транзисторов *VT7*, *VT8*, составляет:

$$P_{макс} = U_{бэ}^2 \frac{R14}{4R18 \cdot R16} = 0{,}25 R_н (U_{бэ}/R18)^2.$$

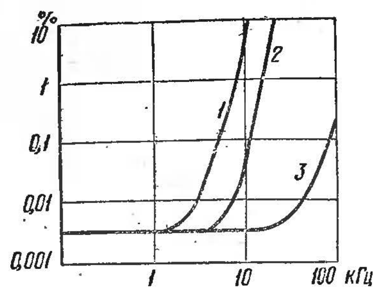


Рис. 16. Частотная зависимость уровня гармонических искажений усилителей:

1 — скорость нарастания выходного напряжения 0,5 В/мкс, частота единичного усиления 1 МГц; *2* — 1 В/мкс, 3 МГц; *3* — 13 В/мкс, 3 МГц

Интересно отметить, что в аварийном режиме при замыкании выхода на землю рассеиваемая мощность не превысит 0,1...0,2 от произведения $I_{макс} \cdot E_п$, а при замыкании выхода на источник питания выходные транзисторы вообще закрываются. Причем это наступает с того момента, когда $I_{огр} = 0$, т. е. когда

$$U_{вых} = E_п - U_{бэ} \cdot R_н/R18.$$

При реальных соотношениях номиналов *VT7* запирается, когда $U_{вых}$ становится менее —(2...4) В, а *VT8* — при $U_{вых} \geqslant$ (2...4) В. Сравнивая эти соотношения со свойствами схемы защиты без делителей *R14—R17*, видим, что в ней рассеиваемая мощность при замыкании выхода на землю составляет (1,1...1,2) $I_{макс} \cdot E_п$, т. е. увеличена в 6...11 раз, а при замыкании на источник питания еще вдвое больше. Преимущество предложенной схемы защиты очевидно.

Применяя ОУ на звуковых частотах, не следует забывать об увеличении гармонических искажений с ростом частоты сигнала, когда запас усиления ОУ уменьшается и отрицательная обратная связь не уменьшает погрешности. На рис. 16 показана частотная зависимость искажений различных ОУ, причем кривая *1* соответствует стандартной коррекции распространенных микросхем К553УД1, К553УД2, К140УД7, а кривая *3* — К574УД2. Имея это в виду, от схемы рис. 15 следует потребовать, чтобы высокочастотный тракт начинал работать раньше, чем станут заметными искажения сигнала низкочастотного тракта на ОУ.

Для фильтра нижних частот *R3C2* на входе ОУ целесообразно выбрать граничную частоту около 10 кГц (ориентировочно 16 кОм, 1000 пФ). Граничную частоту фильтра высоких частот *R4C1* следует выбрать не более 1 кГц (20 кОм, 10 нФ). Коэффициент усиления разомк-

нутого высокочастотного тракта может быть установлен с помощью резисторов *R9*, *R10*. Наряду с выбором емкости конденсаторов *C3*, *C4* его следует устанавливать так, чтобы обеспечивался желаемый вид переходных процессов всего усилителя с замкнутой обратной связью. Для ОУ достаточно стандартной частотной коррекции. Чтобы подавить генерацию на высоких частотах, при необходимости можно ввести в базовые цепи некоторых транзисторов небольшие дополнительные резисторы, включить параллельно нагрузке последовательную *RC*-цепь, если нагрузка носит индуктивный характер на высоких частотах, а также шунтировать *R2* небольшой емкостью с последовательным резистором сопротивлением около 0,1 *R2*.

Во всех рассмотренных выше устройствах выходные транзисторы могут быть составными, что дает возможность достичь силы тока нагрузки усилителя мощности до нескольких ампер.

Литература

Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника.— М.: Мир, 1982, с. 512.
Шило В. Л. Линейные интегральные схемы.— М.: Сов. радио, 1979, с. 368.

ВОЗВРАЩАЯСЬ К НАПЕЧАТАННОМУ

ЦИФРОВОЙ МУЛЬТИМЕТР (ДОПОЛНЕНИЯ)

М. Васильев, В. Попов

В связи с большим интересом, проявляемым радиолюбителями к цифровому мультиметру, описание которого помещено в сборнике «ВРЛ» № 81, авторами подготовлены дополнительные рекомендации к этой статье, которые отвечают на основные, наиболее часто встречающиеся в письмах читателей вопросы. В статье сохранены обозначения, использовавшиеся в сборнике № 81.

Возможная замена деталей. Транзисторы *V7*, *V8*, *V11*, *V12*, *V14*, *V21*, *V37* могут быть заменены любыми высокочастотными такой же проводимости: КТ301, КТ312, КТ315, КТ316, КТ342, КТ358, КТ3102 и др. Транзисторы *V25* и *V40* должны иметь минимальный ток коллектора в закрытом состоянии и малое напряжение насыщения — в открытом. Вместо КТ3107 можно

применить КТ326, КТ347, КТ363, вместо КТ342—КТ373, КТ3102, КТ316. Транзисторы *V18*, *V26*, *V29* должны иметь минимальный обратный ток коллектора. Транзисторы *V26*, *V29* могут быть заменены на КТ315 с индексами Б, Г, Е. Транзистор *V18* может быть только КТ342 или КТ3102, при его замене на КТ315 возможно увеличение погрешности на пределе «1000 кОм». С учетом вышесказанного, транзисторы *V43* и *V44* можно заменить на КТ361Б, Г, Е. Транзистор *V22* — любой кремниевый проводимости *p-n-p*. Диоды, указанные в схеме прибора, могут быть Д223, КД102, КД103, КД503, КД509, КД521. Диоды *V1*, *V2*, *V15*, *V16*, *V27*, *V28*, *V41*, *V42* должны иметь минимальный обратный ток. Диоды *V33* и *V34* — только КД503, КД509, КД521. В любительских условиях диоды и транзисторы с минимальным обратным током *n-p* перехода можно подобрать следующим образом: исследуемый переход включается в цепь, содержащую последовательно включенные батарею «Крона», резистор сопротивлением 5...10 кОм и микроамперметр с током полного отклонения 20...100 мкА. Напряжение батареи должно быть обращено плюсом к *n*-области (катоду диода), а минусом — к *p*-области (аноду). У годных диодов и транзисторов отклонения стрелки быть не должно. Микросхемы *A1*—*A4* заменяются на К284УД1 (с понижением точности прибора), К544УД1, К544УД2 и другие, имеющие полевые транзисторы на входе и коэффициент усиления не менее 20 000. Совместное применение операционных усилителей и микросборок на полевых транзисторах КПС104, К504НТ1 хотя и дает возможность использовать любой усилитель, но нежелательно из-за относительно большого температурного дрейфа.

Резисторы, примененные в схеме прибора, должны быть МЛТ, МТ, С2-29, БЛП и др., имеющие минимальный температурный коэффициент сопротивления (ТКС). При использовании резисторов ПТМН могут ухудшиться частотные свойства прибора. При отсутствии у радиолюбителей прецизионных резисторов можно воспользоваться следующим приемом: например, если в схеме делителя напряжения указан номинал 10 кОм, берут резистор сопротивлением 9,1 кОм, а последовательно с ним подбирают резистор 750 Ом...1,3 кОм, сравнивая показания эталонного источника напряжения и мультиметра. Резисторы *R11*...*R19* подобраны именно таким

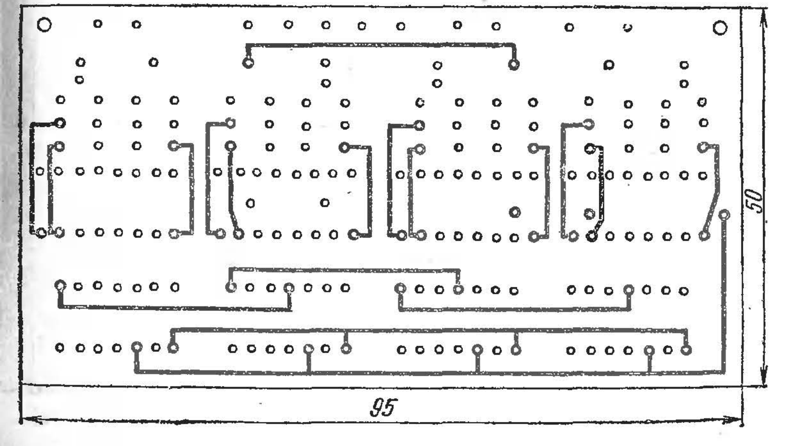


Рис. 1. Печатная плата *П1*

П2
Z1 R73 R74 C19 D1 R75
D3 D4 D5 D6 D7
D2 D9 C21 C22 R78 R77 V14 R76 V46 D8 C* C20
9 Общ К V13 8 11 Общ. 10 +5 В К D13 7 16 Сброс 20 22 Конт. 1с

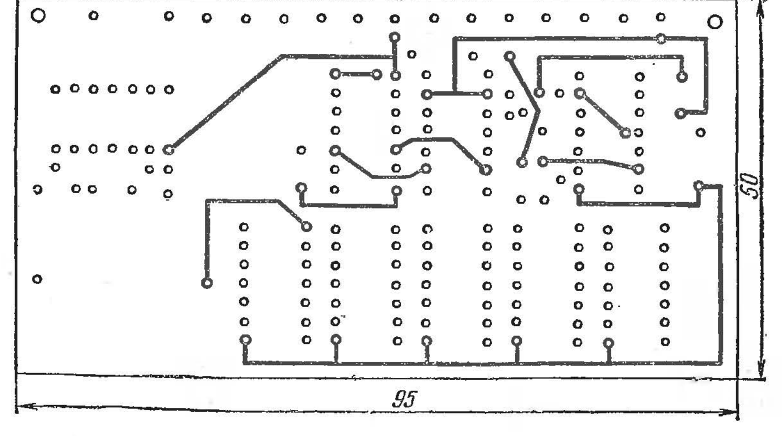


Рис. 2. Печатная плата *П2*

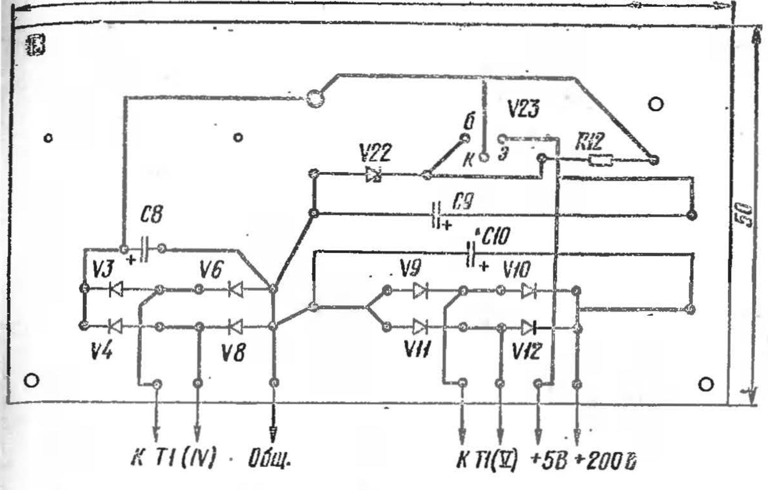


Рис. 3. Печатная плата *П3*

образом. Показания прибора сравнивались с известными значениями емкости или сопротивления, набранными на образцовых магазинах.

Конденсаторы *С12* и *С16* — К73 или К76. Худшие результаты дает применение конденсаторов МБГИ или МБМ из-за их низких частотных свойств. Типы остальных конденсаторов значения не имеют, однако *С5*, *С6*, *С10*, *С11*, *С17* и *С18* должны иметь малый ток утечки, поэтому лучше использовать КМ6 (*С5*, *С6*), К53-1 (*С10*, *С11*, *С17*, *С18*).

Переменные резисторы, кроме СП5-1, СП5-3, СП5-14, могут быть любыми другими, однако следует учесть, что снизится удобство регулировки прибора, так как указанные резисторы являются многооборотными. Замена цифровых микросхем на другие серии нежелательна. Индикаторные лампы могут быть любые. В блоке питания прибора микросхема *А1* может быть К140УД1, К140УД6, К140УД7, К153УД1, К153УД5. Транзисторы *V16*, *V17*, *V19* — КТ315В, Д; КТ603; *V18*, *V20* — КТ801, КТ803, КТ807, КТ817; *V21* — П214, КТ816, П606, П605. Выпрямительные диоды могут быть Д226, однако в этом случае должно быть обеспечено охлаждение *V5...V8*.

Монтаж прибора. Вначале — о неточностях, допущенных в сборнике «ВРЛ» № 81. У резистора *R49*

П4
К Т1(Ш) Общ. +15В -15В

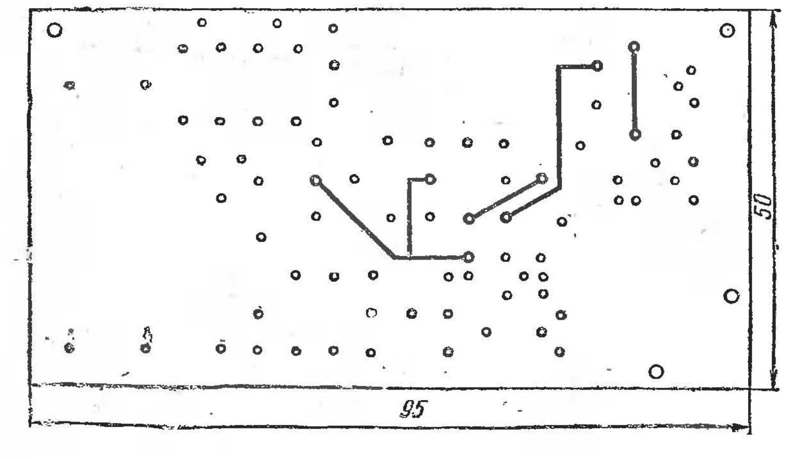


Рис. 4. Печатная плата *П4*

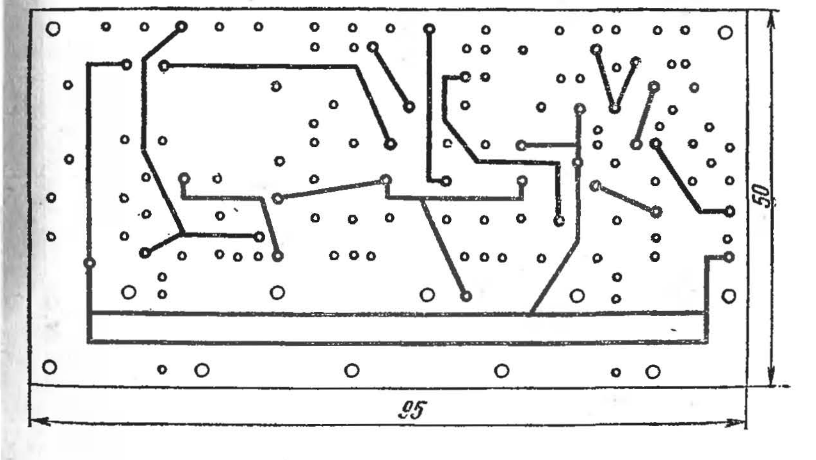


Рис. 5. Печатная плата П5

16 +5 В Общ. 15 В К A4 Общ. К S1 К S3 К R28 4 2 3 +15 В 5

95

50

Рис. 6. Печатная плата *П6*

Рис. 7. Печатная плата П7

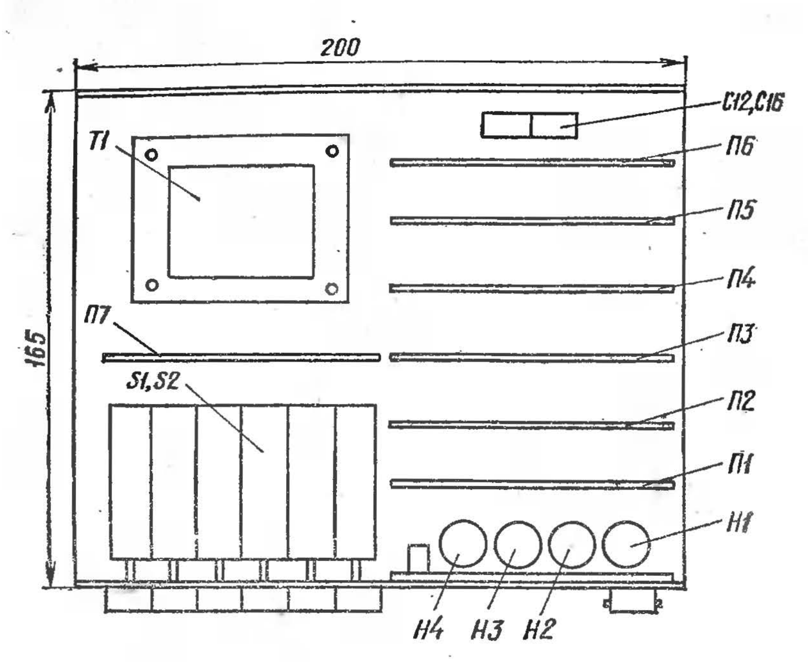


Рис. 8. Расположение плат и узлов в корпусе прибора

верхняя по схеме (рис. 1) точка должна иметь потенциал —15 В. Вывод *5* микросхемы *A4* и движки подстроечных резисторов *R33* и *R51* соединяются с проводом —15 В. Между выводом *16* жгута и базой транзистора *V21* должен быть включен резистор сопротивлением 1...2 кОм. Контактная группа переключателя *S3.4*, включенная между выводами *13* и *15* жгута, должна иметь размыкающие контакты. Выводы *1* и *8* микросхемы *A4* следует поменять местами.

Монтаж прибора выполнен на семи печатных платах размером 50×95 мм из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита (кроме платы *П3*, где использован односторонний). Чертежи плат приведены на рис. 1—7. На плате *П1* собраны счетчики и дешифраторы; на плате *П2* — генератор на 1 МГц, делители частоты, логические микросхемы *D2* и *D9*, схема сброса; на плате *П3* — блоки питания «+200 В» и «+5 В»; на плате *П4* — блок питания «±15 В»; на плате *П5* — усилитель *A1* и компараторы *A3*, *A4*; на плате *П6* — генераторы линейно изменяющегося напряжения (конденсаторы *C12*

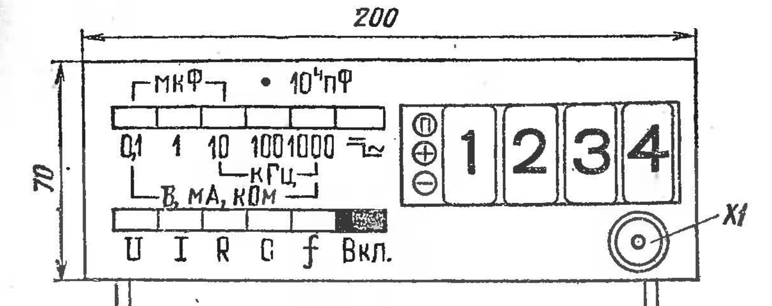


Рис. 9. Лицевая панель прибора

и *C16* устанавливаются отдельно); на плате *П7* — линейный детектор и входное устройство *V31—V36* частотомера. Плотность монтажа довольно высокая, поэтому можно порекомендовать применение навесного метода с приклеиванием ИМС и других элементов к платам за корпус (например, посредством пасты «Герметик»), а монтаж выполнить проводом МГТФ или луженой проволокой с применением изолирующей трубки.

Расположение плат и основных узлов в корпусе мультиметра приведено на рис. 8. Корпусом служит П-образное шасси, закрываемое сверху кожухом. Внешний вид лицевой панели прибора изображен на рис. 9. Переключатели *S1* и *S2* расположены в верхней части панели, а переключатель *S3* и выключатель сети — в нижней. Справа — цифровое табло, светодиоды полярности и переполнения, ниже — разъем *X1*, изолированный от корпуса. На задней стенке — сетевой предохранитель и клемма заземления корпуса.

На пределе 1000 В (мА, кОм, кГц) светится запятая после третьего слева разряда: на этом же пределе измеряется емкость до 9999 пФ (т. е. до 0,01 мкФ), запятая при этом гаснет. Предел 100 (запятая после второго слева разряда) соответствует измеряемым величинам в В, мА, кОм, кГц.

Особенности наладки. В процессе эксплуатации прибора было замечено, что схема индикации перегрузки работает недостаточно стабильно. Более устойчивые результаты были получены при использовании другой схемы (рис. 10). У стрелок указаны номера выводов соответствующих счетчиков. Проводник от вывода *8* элемента *D9.2* при этом исключается. В данном случае знак «Перегрузка» зажигается при показании «9999»,

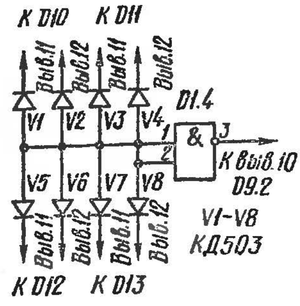


Рис. 10. Схема индикации перегрузки счетчиков

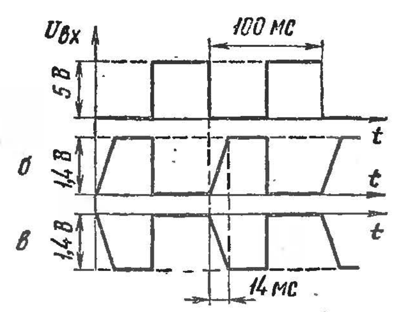


Рис. 11. Осциллограммы напряжений:

а — входной сигнал, подаваемый на базу транзистора *V21*; *б* — напряжение на коллекторе транзистора *V43*; *в* — напряжение на коллекторе транзистора *V26*

Вначале собирается блок питания прибора. Включив его в сеть, проверяют наличие напряжения «+5 В» и «+200 В». Затем резистором *R2* устанавливают ток через диод *V15*, равный 8...12 мА. После этого резистором *R8* устанавливают напряжение между крайними выводами *R9*, равное 30 В. Резистором *R10* подбирают коллекторный ток транзистора *V20* (10...15 мА). В заключение резистором *R20* устанавливается одинаковое значение разнополярных напряжений.

Налаживание цифровой части прибора начинают с проверки счетчиков *D10—D13*. Для этого из платы выпаивают один из выводов конденсатора *C20* и проводник от вывода *6 D2.1*. Подав на вход *C1* (вывод *14*) *D10* импульсы от мультивибратора с частотой 1...2 кГц, по показаниям индикаторов судят о правильной работе пересчетного устройства. Далее, впаяв вывод *C20*, соединяют вход *C1* счетчика *D10* с выводом *5* микросхем *D3—D8*, начиная с *D3*. Наблюдая за показаниями табло, убеждаются в замедлении скорости счета при касании к выводу *5* микросхемы с большим порядковым номером. В случае правильной работы сброс показаний должен происходить 60 раз в минуту, т. е. с периодом 1 с. Далее следует руководствоваться рекомендациями, данными в «ВРЛ» № 81.

Установив предел 1000 В, налаживают аналоговую часть. Для этого вывод *16* жгута отпаивают от резистора сопротивлением 1...2 кОм и на освободившийся

вывод резистора подают прямоугольные импульсы от мультивибратора частотой 10 Гц и амплитудой 5 В. На коллекторах транзисторов *V26* и *V43* относительно общего провода должны наблюдаться осциллограммы, приведенные на рис. 11. Особенностью этой части схемы является наличие транзисторов *V29* и *V44*, служащих для термокомпенсации. Они должны быть расположены рядом с *V26* и *V43*. Если склонности к самовозбуждению нет, то конденсаторы *C10* и *C17* можно исключить.

Далее замыкают накоротко диоды *V1*, *V15*, *V27*, *V28*, *V41*, *V42* и производят балансировку усилителя, детектора и компараторов соответствующими подстроечными резисторами в следующем порядке: вначале *A1*, потом *A2*, затем *A3* и *A4*. При балансировке убеждаются, что при увеличении напряжения более 2...3 В на катоде диода *V3* напряжение на коллекторе *V8* изменяется скачком приблизительно от 0 до 5 В. Затем, сняв перемычки с диодов *V27*, *V28*, *V42*, *V41* и отпаяв вывод *7* усилителя *A1*, подают на вывод *4* компаратора *A3* и резистор *R29* напряжение 0,9 В ±0,2 % и, изменяя его полярность, подстроечными резисторами *R51* и *R69* добиваются показаний на табло «±900,0». Если при снятии напряжения 0,9 В показания на табло не становятся равными «000,0», то дополнительно проводят балансировку компараторов *A3* и *A4*. После этого снимают перемычку с диода *V1* и впаивают вывод *7* усилителя *A1*. Подав на вход *4 A1* напряжение 0,09 В ± 0,2 %, добиваются показаний «900,0» на табло прибора с помощью подстроечного резистора *R23*. В случае правильного монтажа индикация полярности производится без дополнительной настройки. Линейный детектор настраивают резистором *R46*, подавая на диоды *V15* и *V16* переменное напряжение 0,09 В ± 0,2 %.

В случае правильного монтажа настройка прибора в режимах «R» и «С» сводится к установке значения 0,1 В резистором *R22* на входе *4* усилителя *A1* в режиме «С» и подбору резисторов *R11—R19* по указанной выше методике. В ряде случаев необходим подбор резисторов *R6* и *R7* при измерении токов. Окончательную настройку прибора можно произвести только при наличии образцовых приборов для измерения тока и напряжения, а также магазинов емкостей и сопротивлений. При их отсутствии можно использовать соответствующие прецизионные резисторы и конденсаторы.

СОДЕРЖАНИЕ

В ПОМОЩЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ

Выпуск 89

Составитель Андрей Васильевич Дьяков

Редактор М. Е. Орехова. Художник В. А. Ключков. Художественный редактор Т. А. Хитрова. Технический редактор В. Н. Кошелева. Корректор И. С. Судзиловская

ИБ № 1762

Сдано в набор 26.06.84 г. Подписано в печать 17.01.85 г. Г-80703. Формат 84×108 1/32. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. п. л. 4,2. Усл. кр.-отт. 4,52. Уч.-изд. л. 4,34. Тираж 900 000 экз. Цена 35 к. Заказ № 1019. Изд. № 2/г-237.

Ордена «Знак Почета» Издательство ДОСААФ СССР. 129110, Москва, Олимпийский просп., 22

Отпечатано с матриц РПО «Полиграфкнига» на Минском ордена Трудового Красного Знамени полиграфкомбинате МППО им. Я. Коласа. Минск, Красная, 23